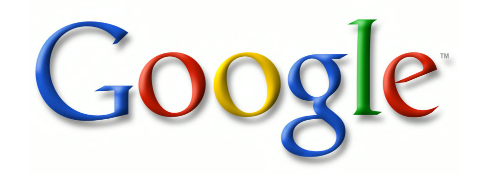
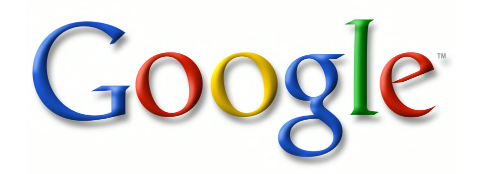
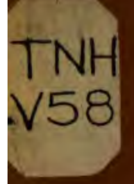




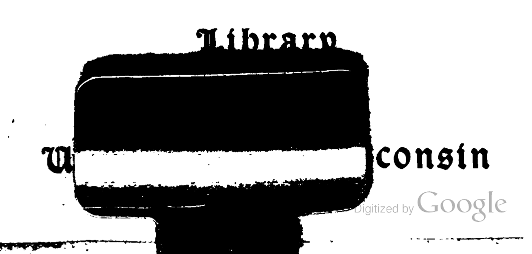


Normalien

für Bewertung und Prüfung

von elektrischen

Maschinen und Transformatoren


Library
consin

Normalien

für

Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren,

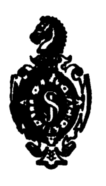
herausgegeben

vom

Verband Deutscher Elektrotechniker
eingetragener Verein.

Genehmigt
von der 11. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Mannheim am 8. Juni 1903.

Mit Erläuterungen von G. Dettmar.



Berlin.
Verlag von Julius Springer.
1904.

Inhaltsverzeichnis.

Normalien.

Erläuterungen.

Definitionen.

Generator oder Dynamo ist jede rotierende Maschine, die mechanische in elektrische Leistung verwandelt.

Motor ist jede rotierende Maschine, die elektrische in mechanische Leistung verwandelt.

Motorgenerator ist eine Doppelmaschine, bestehend in der direkten mechanischen Kuppelung eines Motors mit einem Generator.

Umformer ist eine Maschine, bei welcher die Umformung des Stromes in einem gemeinsamen Anker stattfindet.

Wird im folgenden das Wort elektrische Maschine oder Maschine schlechthin gebraucht, so ist darunter, je nach dem Zusammenhang, einer der vorgenannten Gegenstände zu verstehen.

Anker ist bei elektrischen Maschinen derjenige Teil, in welchem durch die Einwirkungen eines magnetischen Feldes elektromotorische Kräfte erzeugt werden.

Transformator ist ein Apparat für Wechselströme ohne bewegte Teile zur Umwandlung elektrischer in elektrische Leistung.

Unter Spannung bei Drehstrom ist die verkettete effektive Spannung (Spannung zwischen je zwei der drei Hauptleitungen) zu verstehen.

Unter Sternspannung bei Drehstrom ist die Spannung zwischen dem Nullpunkt und je einem der drei Hauptleiter zu verstehen.

Unter Übersetzung bei Transformatoren ist das Verhältnis der Spannungen bei Leerlauf zu verstehen.

Unter Frequenz ist die Anzahl der vollen Perioden in der Sekunde zu verstehen.

Die für Wechselstrom gegebenen Vorschriften gelten sinngemäß auch für Mehrphasenstrom.

Allgemeine Bestimmungen.

§ 1.

Die folgenden Bestimmungen gelten nur insofern, als sie nicht durch ausdrücklich vereinbarte Lieferungsbedingungen abgeändert werden.

Ausgenommen hiervon sind die Vorschriften über die Leistungsschilder (vgl. §§ 4, 5, 6), die immer erfüllt sein müssen.

Maschinen oder Transformatoren ohne Leistungsschild oder mit einem anderen als dem weiter unten vorgeschriebenen Leistungsschild werden als diesen Normalien nicht entsprechend angesehen.

Leistung.

§ 2.

Als Leistung gilt bei allen Maschinen und Transformatoren die abgegebene. Dieselbe ist anzugeben bei Gleichstrom in Kilowatt (KW), bei Wechselstrom in Kilowatt mit Angabe des Leistungsfaktors. Bei Abgabe von mechanischer Leistung ist dieselbe in Pferdestärken (PS) anzugeben.

Außerdem sind anzugeben und auf dem Leistungsschild (vgl. §§ 4, 5, 6) oder auf einem besonderen Schild zu verzeichnen die normalen Werte von Tourenzahl bzw. Frequenz, Spannung und Stromstärke.

§ 3.

In bezug auf die Leistung sind folgende Betriebsarten zu unterscheiden:

a) der intermittierende Betrieb, bei dem nach Minuten zählende Arbeitsperioden und Ruhe-

pausen abwechseln (z. B. Motoren für Kräne, Aufzüge, Straßenbahnen u. dgl.);

b) der kurzzeitige Betrieb, bei dem die Arbeitsperiode kürzer ist als nötig, um die Endtemperatur zu erreichen, und die Ruhepause lang genug, damit die Temperatur wieder annähernd auf die Lufttemperatur sinken kann;

c) der Dauerbetrieb, bei dem die Arbeitsperiode so lang ist, daß die Endtemperatur erreicht wird.

§ 4.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für intermittierende Betriebe ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche ohne Unterbrechung eine Stunde lang abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „intermittierend“ anzugeben.

§ 5.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für kurzzeitigen Betrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während der vereinbarten Betriebszeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig bezeichneten Wert überschreitet. Diese Leistung ist unter der Bezeichnung „für . . . St.“ auf einem Schild anzugeben.

§ 6.

Als normale Leistung von Maschinen und Transformatoren für Dauerbetrieb ist die Leistung zu verstehen und anzugeben, welche während beliebig langer Zeit abgegeben werden kann, ohne daß die Temperaturzunahme den weiter unten als zulässig angegebenen Wert überschreitet. Diese Leistung

ist auf einem Schild unter der Bezeichnung „dauernd“ anzugeben.

§ 7.

Die gleichzeitige Angabe der Leistung für verschiedene Betriebsarten ist zulässig.

§ 8.

Bei Generatoren und Umformern mit veränderlicher Spannung genügt die Verzeichnung der normalen Werte von Spannung, Stromstärke und Tourenzahl auf dem Schild; die zusammengehörigen Grenzwerte müssen jedoch in den Lieferungsbedingungen angegeben werden.

§ 9.

Maschinen mit Kollektor müssen bei jeder Belastung innerhalb der zulässigen Grenzen bei günstigster Bürstenstellung und eingelaufenen Bürsten so weit funkenfrei laufen, daß ein Behandeln des Kollektors mit Glaspapier oder dergl. höchstens nach je 24 Betriebsstunden erforderlich ist.

Temperaturzunahme.

§ 10.

Die Temperaturzunahme von Maschinen und Transformatoren ist bei normaler Leistung und unter Berücksichtigung der oben definierten Betriebsarten zu messen, nämlich:

1. bei intermittierenden Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes von einer Stunde;
2. bei kurzzeitigen Betrieben nach Ablauf eines ununterbrochenen Betriebes während der auf dem Leistungsschild verzeichneten Betriebszeit;
3. bei Dauerbetrieben:
   a) bei Maschinen nach Ablauf von zehn Stunden;

b) bei Transformatoren nach Ablauf jener Betriebszeit, welche nötig ist, um die stationäre Temperatur zu erreichen.

§ 11.

Sofern für kleinere Maschinen unzweifelhaft feststeht, daß die stationäre Temperatur in weniger als zehn Stunden erreicht wird, so kann die Temperaturzunahme nach entsprechend kürzerer Zeit gemessen werden.

§ 12.

Bei der Prüfung auf Temperaturzunahme dürfen die betriebsmäßig vorgesehenen Umhüllungen, Abdeckungen, Ummantelungen usw. von Maschinen und Transformatoren nicht entfernt, geöffnet oder erheblich verändert werden. Eine etwa durch den praktischen Betrieb hervorgerufene und bei der Konstruktion in Rechnung gezogene Kühlung kann im allgemeinen bei der Prüfung nachgeahmt werden, jedoch ist es nicht zulässig, bei Straßenbahnmotoren den durch die Fahrt erzeugten Luftzug bei der Prüfung künstlich herzustellen.

§ 13.

Als Lufttemperatur gilt jene der zuströmenden Luft oder, wenn keine entschiedene Luftströmung bemerkbar ist, die mittlere Temperatur der die Maschine umgebenden Luft in Höhe der Maschinenmitte, wobei in beiden Fällen in etwa 1 m Entfernung von der Maschine zu messen ist. Die Lufttemperatur ist während des letzten Viertels der Versuchszeit in regelmäßigen Zeitabschnitten zu messen und daraus der Mittelwert zu nehmen.

§ 14.

Wird ein Thermometer zur Messung der Temperatur verwendet, so muß eine möglichst gute Wärmeleitung zwischen diesem und dem zu messenden

Maschinenteil herbeigeführt werden, z. B. durch Stanniolumhüllung. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten wird die Kugel des Thermometers und die Meßstelle außerdem mit einem schlechten Wärmeleiter (trockener Putzwolle u. dgl.) überdeckt. Die Ablesung findet erst statt, nachdem das Thermometer nicht mehr steigt.

§ 15.

Mit Ausnahme der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wickelungen werden alle Teile der Generatoren und Motoren mittels Thermometer auf ihre Temperaturzunahme untersucht.

Bei thermometrischen Messungen sind, so weit wie möglich, jeweilig die Punkte höchster Temperatur zu ermitteln, und die dort gemessenen Temperaturen sind maßgebend.

§ 16.

Die Temperatur der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wickelungen bei Generatoren und Motoren ist aus der Widerstandszunahme zu bestimmen. Dabei ist, wenn der Temperaturkoëffizient des Kupfers nicht für jeden Fall besonders bestimmt wird, dieser Koëffizient als 0,004 anzunehmen.

§ 17.

Bei Transformatoren wird die höchste an irgend einem Punkte vorkommende Temperatur der Wickelungen durch Thermometer gemessen. Bei Öltransformatoren wird die Temperatur der oberen Ölschichten gemessen.

§ 18.

In gewöhnlichen Fällen und insofern die Lufttemperatur 35° C nicht übersteigt, darf die nach §§ 15 bis 17 ermittelte Temperatur-**Zunahme** folgende Werte nicht **übersteigen:**

a) an isolierten Wickelungen und Schleifringen
bei Baumwollisolierung . . . . 50° C
„ Papierisolierung . . . . 60° C
„ Isolierung durch Glimmer, Asbest und
deren Präparate . . . . 80° C

Für ruhende Wickelungen sind um 10° C höhere Werte zulässig.

b) an Kollektoren . . . . 60° C

c) an Eisen von Generatoren und Motoren, in das Wickelungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wickelung die Werte unter a.

§ 19.

Bei Straßenbahnmotoren darf die nach §§ 15 und 16 nach einstündigem ununterbrochenem Betriebe mit normaler Belastung im Versuchsraum ermittelte Temperatur-**Zunahme** folgende Werte nicht **übersteigen**:

a) an isolierten Wickelungen und Schleifringen
bei Baumwollisolierung . . . . 70° C
„ Papierisolierung . . . . 80° C
„ Isolierung durch Glimmer, Asbest und
deren Präparate . . . . 100° C

Eine Erhöhung dieser Grenzen für ruhende Wickelungen ist nicht zulässig.

b) an Kollektoren . . . . 80° C

c) an Eisen, in das Wickelungen eingebettet sind, je nach der Isolierung der Wickelung die Werte unter a.

§ 20.

Bei kombinierten Isolierungen gilt die untere Grenze.

§ 21.

Bei dauernd kurzgeschlossenen Wickelungen können vorstehende Grenzwerte überschritten werden.

Überlastung.

§ 22.

Im praktischen Betriebe sollen Überlastungen nur so kurze Zeit oder bei solchem Temperaturzustand der Maschinen und Transformatoren vorkommen, daß die zulässige Temperaturzunahme dadurch nicht überschritten wird. Mit dieser Einschränkung müssen Maschinen und Transformatoren in den folgenden Grenzen überlastungsfähig sein:

Generatoren Motoren Umformer	25 % während $1/2$ Stunde, wobei bei Wechselstromgeneratoren der Leistungsfaktor nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werte anzunehmen ist.
Motoren Umformer Transformatoren	40 % während 3 Minuten, wobei für Motoren die normale Klemmenspannung einzuhalten ist.

Der Kollektor der Gleichstrommaschinen und Umformer darf hierbei nicht so stark angegriffen werden, daß der Gang bei normaler Leistung dem § 9 nicht mehr genügt.

In bezug auf mechanische Festigkeit müssen Maschinen, die betriebsmäßig mit annähernd konstanter Tourenzahl arbeiten, leerlaufend eine um 15 % erhöhte Tourenzahl unerregt und vollerregt 5 Minuten lang aushalten.

§ 23.

Generatoren müssen bei konstanter Tourenzahl die Spannung bis zu 15 % Überlastung konstant halten können, wobei der Leistungsfaktor bei Wechselstromgeneratoren nicht unter dem auf dem Schilde verzeichneten Werte anzunehmen ist.

§ 24.

Die Prüfung soll die mechanische und elektrische Überlastungsfähigkeit ohne Rücksicht auf Erwär-

mung feststellen und deshalb bei solcher Temperatur beginnen, daß die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

§ 25.

Diese Vorschriften gelten auch für Generatoren mit veränderlicher Spannung, bei denen die Spannungsänderung durch annähernd proportionale Änderung der Tourenzahl erreicht wird. Bei Generatoren mit annähernd konstanter Tourenzahl (so daß sie bei normaler Spannung mit abgeschwächten Felde arbeiten) ist von einer Ueberlastungsprobe abzusehen. Das Gleiche gilt von Motoren, wenn sie mit abgeschwächtem Felde arbeiten.

Isolation.

§ 26.

Die Messung des Isolationswiderstandes wird nicht vorgeschrieben, wohl aber eine Prüfung auf Isolierfestigkeit (Durchschlagsprobe), welche am Erzeugungsort, bei größeren Objekten auch vor Inbetriebsetzung am Aufstellungsort vorzunehmen ist. Maschinen und Transformatoren müssen imstande sein, eine solche Probe mit einer in nachfolgendem festgesetzten höheren Spannung, als die normale Betriebsspannung ist, $1/2$ Stunde lang auszuhalten. Die Prüfung ist bei warmem Zustande der Maschine vorzunehmen und später nur ausnahmsweise zu wiederholen, damit die Gefahr einer späteren Beschädigung vermieden wird.

Maschinen und Transformatoren bis 5000 V sollen mit der doppelten Betriebsspannung, jedoch nicht mit weniger als 100 V geprüft werden. Maschinen und Transformatoren von 5000 bis 10000 V sind mit 5000 V Überspannung zu prüfen. Von 10000 V an

beträgt die Prüfspannung das Eineinhalbfache der Betriebsspannung.

§ 27.

Diese Prüfspannungen beziehen sich auf Isolation von Wickelungen gegen das Gestell, sowie bei elektrisch getrennten Wickelungen gegeneinander. Im letzteren Falle ist bei Wickelungen verschiedener Spannung immer die höchste sich ergebende Prüfspannung anzuwenden.

§ 28.

Zwei elektrisch verbundene Wickelungen verschiedener Spannung sind gleichfalls mit der der Wickelung höchster Spannung entsprechenden Prüfspannung gegen Gestell zu prüfen.

§ 29.

Sind Maschinen oder Transformatoren in Serie geschaltet, so sind, außer obiger Prüfung, die verbundenen Wickelungen mit einer der Spannung des ganzen Systems entsprechenden Prüfspannung gegen Erde zu prüfen.

§ 30.

Obige Angaben über die Prüfspannung gelten unter der Annahme, daß die Prüfung mit gleicher Stromart vorgenommen wird, mit welcher die Wickelungen im Betriebe benutzt werden. Sollte dagegen eine betriebsmäßig von Gleichstrom durchflossene Wickelung mit Wechselstrom geprüft werden, so braucht nur der 0,7-fache Wert der vorgenannten Prüfspannung angewendet zu werden. Wird umgekehrt eine betriebsmäßig von Wechselstrom durchflossene Wickelung mit Gleichstrom geprüft, so muß die Prüfspannung 1,4-mal so hoch genommen werden, wie oben angegeben.

§ 31.

Ist eine Wickelung betriebsmäßig mit dem Gestell leitend verbunden, so ist diese Verbindung für die Prüfung auf Isolierfestigkeit zu unterbrechen. Die Prüfspannung einer solchen Wickelung gegen Gestell richtet sich dann aber auch nur nach der größten Spannung, welche zwischen irgend einem Punkte der Wickelung und des Gestelles im Betriebe auftreten kann.

§ 32.

Für Magnetspulen mit Fremderregung ist die Prüfspannung das Dreifache der Erregerspannung, jedoch mindestens 100 V.

Die Wickelung des Sekundärankers asynchroner Motoren ist mit der doppelten Anlaufspannung zu prüfen, jedoch mindestens mit 100 V. Kurzschlußanker brauchen nicht geprüft zu werden.

§ 33.

Maschinen und Transformatoren sollen durch 5 Minuten eine um 30 % erhöhte Betriebsspannung aushalten können.

Bei Maschinen darf die Überspannungsprobe mit einer Steigerung der Tourenzahl bis zu 15 % verbunden werden, wobei jedoch nicht gleichzeitig eine Überlastung eintreten darf.

Diese Prüfung soll nur die Isolierfestigkeit feststellen und bei solcher Temperatur beginnen, daß die zulässige Temperaturzunahme nicht überschritten wird.

Wirkungsgrad.

§ 34.

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung. Er kann durch direkte Messung der Leistungen oder indirekt durch

Messung der Verluste bestimmt werden. Die indirekten Methoden sind leichter durchzuführen, durch Beobachtungsfehler weniger beeinflußt und aus diesen Gründen in der Regel vorzuziehen. Bei Angabe des Wirkungsgrades ist die Methode zu nennen, nach welcher er bestimmt werden soll, beziehungsweise bestimmt wurde, wozu ein Hinweis auf den entsprechenden Paragraphen dieser Normalien genügt.

Die Angabe des Wirkungsgrades soll sich stets auf die dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen.

Der Wirkungsgrad ist unter Berücksichtigung der Betriebsart (vgl. §§ 4, 5, 6) anzugeben.

Wenn bei Wechselstrommotoren und Transformatoren nichts besonderes vereinbart ist, so braucht der angegebene Wirkungsgrad nur beim Anschluß an eine Stromquelle mit nahezu sinusförmiger E. M. K. und, sofern Mehrphasensysteme in Betracht kommen, nur bei symmetrischen Systemen erreicht zu werden.

Der Wirkungsgrad ohne besondere Angabe der Belastung bezieht sich auf die normale Belastung.

Die für Felderregung nötige und im Feldrheostat verlorene Leistung ist als Verlust in Rechnung zu ziehen.

Wird künstliche Kühlung verwendet, so ist bei Angabe des Wirkungsgrades zu bemerken, ob die für die Kühlung erforderliche Leistung als Verlust mit in Rechnung gezogen ist. Fehlt eine derartige Bemerkung, so versteht sich der Wirkungsgrad mit Einschluß dieser Verluste.

§ 35.

Für Generatoren, synchrone Motoren und Transformatoren ist der Wirkungsgrad unter Voraussetzung

von Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung anzugeben.

§ 36.

Bei Maschinen mit besonderen Erregermaschinen ist der Wirkungsgrad beider Maschinen getrennt anzugeben.

Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades.

§ 37.

Die direkte elektrische Methode: Diese Methode kann angewendet werden bei Motorgeneratoren, Umformern und Transformatoren, indem man die abgegebene sowie zugeführte Leistung durch elektrische Messungen ermittelt. Zwecks Verwendung gleichartiger Meßinstrumente empfiehlt es sich bei dieser Methode, gleichartige Maschinen oder Transformatoren paarweise zu prüfen.

§ 38.

Die indirekte elektrische Methode: Sind zwei Maschinen gleicher Leistung, Type und Stromart vorhanden, so werden sie mechanisch und elektrisch derart gekuppelt, daß die eine als Generator, die andere als Motor läuft. Der Betrieb des Systems erfolgt durch Stromzuführung von einer äußeren Stromquelle aus in der Weise, daß nur die zur Deckung der Verluste nötige Leistung zugeführt und gemessen wird. Der Betriebszustand der beiden Maschinen ist so einzuregulieren, daß der Mittelwert zwischen der dem Motor zugeführten und der vom Generator abgegebenen Leistung so nahe als möglich gleich ist der normalen Leistung der einzelnen Maschine. Dieser Mittelwert wird durch Messung bestimmt. Die zur Deckung der Verluste nötige Leistung kann auch mechanisch zugeführt und elektrisch gemessen werden. Ist bei diesen Messungen Riemenübertragung nicht zu vermeiden, so sind die

dadurch verursachten Verluste entsprechend zu berücksichtigen.

Die vorstehend beschriebene Methode ist auch bei Transformatoren anwendbar, sofern dieselben in bezug auf Leistung, Spannung und Frequenz identisch sind. Der in etwaigen Hilfsapparaten entstehende Verlust ist sinngemäß zu berücksichtigen.

§ 39.

Die direkte Bremsmethode: Diese Methode ist im allgemeinen bei kleineren Motoren brauchbar, kann aber für einen kleineren Generator, der sich als Motor betreiben läßt, auch verwendet werden, doch müssen dann die Verhältnisse so gewählt werden, daß die magnetische und mechanische Beanspruchung, Tourenzahl und Leistung während der Prüfung möglichst wenig von den entsprechenden Größen bei der Benutzung als Generator abweichen.

§ 40.

Die indirekte Bremsmethode: Ist ein Generator bzw. Motor von entsprechender Leistung vorhanden, dessen Wirkungsgrad bei verschiedenen Belastungen genau bekannt ist, so kann dieser als Bremse bzw. als Antriebsmotor benutzt werden.

Wird hierbei eventuell eine Riemenübertragung verwendet, so ist der dadurch entstehende Verlust zu berücksichtigen.

§ 41.

Leerlaufsmethode: Bei Leerlauf als Motor wird der Verlust, welcher zum Betriebe der Maschine bei normaler Tourenzahl und Feldstärke in eingelaufenem Zustande auftritt, bestimmt. Dieser stellt den durch Luft-, Lager- und Bürstenreibung, Hysteresis und Wirbelströme bedingten Verlust dar, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen und

Umrechungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld-, Anker-, Bürsten- und Übergangswiderstand, bei entsprechender Belastung ermittelt, wobei bezüglich des letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der ersteren auf den warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Bei asynchronen Motoren können die Verluste im Sekundäranker anstatt durch Widerstandsmessungen durch Messung der Schlüpfung bestimmt werden. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwickelung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Diese Methode ist auch sinngemäß für Transformatoren verwendbar.

Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „meßbarer Verlust“ bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird angesehen das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust“.

§ 42.

Hilfsmotormethode: Stellen sich der direkten Ermittelung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme in gewissen Fällen Schwierigkeiten entgegen, oder ist eine gleichartige Stromquelle, wie die zu untersuchende Maschine nötig hat, nicht vorhanden, so kann der Verlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme durch einen Hilfsmotor festgestellt werden. Die Feststellung des Verlustes für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie Hysteresis und Wirbelströme der zu untersuchenden Maschine hat dann dadurch zu geschehen, daß man die dem antreibenden Motor zugeführte Leistung bei normaler Erregung der zu untersuchenden Maschine feststellt und davon die im Hilfsmotor, sowie die in der event. Riemenübertragung entstehenden Verluste abzieht.

Die Verluste im Hilfsmotor sind durch Leerlauf des Hilfsmotors bei gleicher Tourenzahl und Spannung wie während des ersten Versuches festzustellen, sowie durch die Belastung hinzukommende Verluste in Feld-, Anker-, Bürsten- und Übergangswiderstand durch elektrische Messungen entsprechend den Angaben unter § 41 zu bestimmen. Im Übrigen ist bezüglich der zu untersuchenden Maschine genau wie in § 41 zu verfahren und ist auch der Wirkungsgrad in gleicher Weise definiert.

Als Hilfsmotor kann auch die Antriebsdampfmaschine verwendet werden, wenn sie von der Dynamo abkuppelbar ist. Die Ermittelung muß dann in der Weise vorgenommen werden, daß zuerst die Dampfmaschine einschließlich unbelastetem Generator mit normaler Tourenzahl und Erregung und dann, wieder nachdem die Kuppelung gelöst ist, die Dampfmaschine allein indiziert wird. Die Differenz zwischen beiden ist als Leerlaufsverlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung, sowie für Hysteresis und Wirbelströme zu betrachten, wobei auf etwaige gleichzeitig von der Dampfmaschine erzeugte Erregung Rücksicht zu nehmen ist. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 43.

Indikatormethode: Wird der Generator durch eine Dampfmaschine direkt angetrieben, und ist er nicht abkuppelbar, so ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung zu bestimmen. Die bei Leerlauf auftretenden Hysteresis- und Wirbelstromverluste sind bei normaler Tourenzahl und Klemmenspannung mit Indikatordiagrammen derart zu bestimmen, daß die Dampfmaschine bei erregtem und unerregtem Felde indiziert wird. Wird die Erregung von der

gleichen Dampfmaschine geliefert, so ist die dafür benötigte Leistung in Abzug zu bringen. Die verbleibende Differenz wird als der durch Hysteresis und Wirbelstrom bei Leerlauf erzeugte Verlust angesehen, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Durch elektrische Messungen und Umrechnungen wird der Verlust durch Stromwärme in Feld, Anker, Bürsten und deren Übergangswiderstand bei Belastung ermittelt, wobei bezüglich des letzteren auf die Bewegung und die richtige Stromstärke, bezüglich der ersteren auf den warmen Zustand der Maschine Rücksicht zu nehmen ist. Ein etwaiger bei normalem Betriebe in einem Vorschaltwiderstand für die Feldwickelung auftretender Verlust ist mit in Rechnung zu ziehen. Die Summe der vorstehend erwähnten Verluste wird als „meßbarer Verlust" bezeichnet. Als Wirkungsgrad wird das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust" angesehen. Wegen der den Leerlaufdiagrammen anhaftenden Ungenauigkeit ist diese Methode mit besonderer Vorsicht zu verwenden.

§ 44.

Trennungsmethode: Bei Maschinen, die nur unter Benutzung von fremden Lagern arbeiten können, ist der Wirkungsgrad ohne Rücksicht auf Reibung in folgender Weise zu bestimmen. Der Verlust für Hysteresis und Wirbelströme wird elektrisch festgestellt dadurch, daß die Maschine in ähnlicher Weise wie bei der Leerlaufsmethode, als Motor laufend, untersucht wird. Um den Verlust für Luft-, Lager- und Bürstenreibung von dem Verlust für Hysteresis und Wirbelströme trennen zu können, ist in folgender Weise zu verfahren: Die Maschine muß bei mehreren verschiedenen Spannungen mit normaler Tourenzahl in einge-

laufenem Zustande untersucht werden, und zwar soll man mit der Spannung so weit wie möglich nach unten gehen, jedoch auch Beobachtungswerte bei normaler Spannung und wenn möglich bei 25 % höherer Spannung aufnehmen. Diese Beobachtungswerte sind graphisch aufzutragen, und es ist die erhaltene Kurve so zu verlängern, daß der bei der Spannung „Null" auftretende Verlust ermittelt werden kann. Dieser Wert gibt den Reibungsverlust an und ist von dem bei normaler Spannung beobachteten Leerlaufsverlust in Abzug zu bringen. Der Rest ist als Verlust für Hysteresis und Wirbelströme anzusehen, dessen Änderung mit der Belastung nicht berücksichtigt wird. Die übrigen Verluste sind entsprechend § 41 elektrisch zu ermitteln. Die Summe von Hysteresis- und Wirbelstromverlust, sowie die Verluste durch Stromwärme im Feld, Anker, Bürsten und deren Übergangswiderstand bei Belastung werden als „meßbarer Verlust" bezeichnet und wird als der Wirkungsgrad das Verhältnis der Leistung zur Summe von Leistung und „meßbarem Verlust" angesehen.

Die Ermittelung des Hysteresis- und Wirbelstromverlustes kann auch mittels Hilfsmotor vorgenommen werden.

Spannungsänderung.

§ 45.

Unter Spannungsänderung des Wechselstromgenerators ist die Änderung der Spannung zu verstehen, welche eintritt, wenn man bei normaler Klemmenspannung den höchsten auf dem Leistungsschild verzeichneten Ankerstrom abschaltet, ohne Tourenzahl und ohne Erregerstrom zu ändern.

§ 46.

Bei Maschinen, welche nur für induktionslose Belastung bestimmt sind, genügt die Angabe der

Spannungsänderung für letztere. Bei Maschinen, welche für induktive Belastung bestimmt sind, ist außer der Spannungsänderung für induktionslose Belastung noch die Spannungsänderung anzugeben bei einer induktiven Belastung, deren Leistungsfaktor 0,8 ist. Die Angabe der Spannungsänderung für einen anderen Leistungsfaktor ist außerdem zulässig.

§ 47.

Sollen Gleichstrommaschinen auf Spannungsänderung geprüft werden, so gilt folgendes: Gleichstrommaschinen mit Nebenschlußerregung, mit gemischter Erregung und mit Fremderregung werden ohne Nachregulierung der Erregung von Vollbelastung bei normaler Spannung bis hinab auf Leerlauf bei gleichbleibender normaler Tourenzahl in wenigstens vier annähernd gleichen Abstufungen der Belastung geprüft. Der Unterschied zwischen der größten und der kleinsten beobachteten Spannung gilt als Spannungsänderung. Bezüglich Verstellung der Bürsten gilt das für den Betrieb Vereinbarte.

§ 48.

Bei Transformatoren ist sowohl der Ohmsche Spannungsverlust als auch die Kurzschlußspannung bei normaler Stromstärke anzugeben, beides auf den Sekundärkreis bezogen. Der Ohmsche Spannungsverlust gilt als Spannungsänderung bei induktionsloser Belastung, die Kurzschlußspannung als Spannungsänderung bei induktiver Belastung.

Es ist zulässig, den Versuch bei einer von der normalen nicht allzusehr abweichenden Stromstärke zu machen; die Spannungsänderungen müssen dann aber auf normale Stromstärke proportional umgerechnet werden.

Anhang.

Es empfiehlt sich, bei Neuanlagen und in Preislisten die folgenden Werte für Frequenz, Tourenzahl und Spannung möglichst zu berücksichtigen.

Die Frequenz soll 25 oder 50 sein.

Die Tourenzahl bei Wechselstrom- und Drehstrommaschinen soll nach folgender Tabelle abgestuft werden.

Polzahl	Tourenzahl des Generators, Synchronmotors oder leerlaufenden Asynchronmotors bei Frequenzen von	
	25	50
2	1500	3000
4	750	1500
6	500	1000
8	375	750
10	300	600
12	250	500
16	188	375
20	150	300
24	125	250
28	107	214
32	94	188
36	83	166
40	75	150
48	—	125
56	—	107
64	—	94
72	—	83
80	—	75

Die Spannung soll folgenden Tabellen entsprechen:

a) Gleichstrom.

Motor	Generator
110 V	115 V
220 „	230 „
440 „	470 „
500 „	550 „

b) Wechselstrom bzw. Drehstrom.

Motor oder Primärklemmen des Transformators	Generator oder Sekundärklemmen des Transformators
110 V	115 V
220 „	230 „
500 „	525 „
1000 „	1050 „
2000 „	2100 „
3000 „	3150 „
5000 „	5250 „

Bei Gleichstromgeneratoren für veränderliche Spannung (mit Ausnahme von Zusatzmaschinen) soll folgendes gelten:

a) für Spannungserhöhung.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine erhöhte Spannung geben soll, so kann dies durch Verstärkung der Erregung geschehen, sofern dabei die Leistung nicht erhöht wird. Im allgemeinen ist die so erzielte Erhöhung der Spannung nicht weiter als um 30 % von der Normalspannung auszudehnen. Weitere Erhöhung der Spannung ist durch Steigerung der Tourenzahl zu bewirken.

b) für Spannungserniedrigung.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine erniedrigte Spannung geben soll, so kann dies durch Schwächung der Erregung geschehen, sofern dabei die Leistung im gleichen Verhältnis wie die Spannung vermindert wird. Im allgemeinen ist die so erzielte Verminderung der Spannung nicht weiter als um 20 % von der Normalspannung auszudehnen. Eine weitergehende Verminderung der Spannung ist durch Herabsetzung der Tourenzahl zu bewirken.

c) für Erhöhung und Erniedrigung der Spannung in ein und derselben Maschine.

Wenn ein und derselbe Gleichstromgenerator bei konstanter Tourenzahl eine geringere und zeitweise auch eine höhere Spannung als die normale Spannung abgeben soll, so kann dies durch Veränderung der Erregung geschehen, sofern bei der höheren Spannung die Leistung und bei der niederen Spannung die Stromstärke nicht erhöht wird und die Differenz zwischen höchster und niedrigster Spannung 45 % der letzteren nicht überschreitet. Eine weitergehende Veränderung der Spannung ist durch Änderung der Tourenzahl zu erzielen.

Wird ein Gleichstromgenerator für veränderliche Spannung verlangt, so muß diese Bedingung in der Bestellung besonders zum Ausdruck kommen.

Erläuterungen zu den Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren.*)

Von G. Dettmar, Oberingenieur, Frankfurt a. M.

Die Normalien für Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen und Transformatoren sind bekanntlich auf Anregung des Verfassers hin durch eine Kommission geschaffen worden. Nachdem sie mehrere Jahre hindurch probeweise Gültigkeit gefunden hatten, wurden sie auf der 11. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Mannheim im Jahre 1903 definitiv angenommen. Der leitende Gesichtspunkt bei ihrer Ausarbeitung war, dem Handel mit elektrischen Maschinen eine sicherere und gleichmäßigere Grundlage zu geben als bisher und zwar hauptsächlich dadurch, daß (mangels besonderer Abmachungen) Festsetzungen über solche Punkte gemacht wurden, deren Beurteilung gewissermaßen Ansichtssache ist, sowie auch dadurch, daß beim Vergleich verschiedener Fabrikate wenigstens die fundamentalen Anforderungen, welche an Maschinen müssen gestellt werden können, gleichmäßig sind.

Durch das Vorhandensein der Normalien wird dem Fabrikanten eine große Arbeitsmenge erspart, da im allgemeinen die Grundlagen für Offerten gleichmäßiger werden. Bisher wurden bei Ausschreibungen vielfach be-

*) Vergl. „ETZ“ 1901 Heft 25, 1902 Heft 23 und 1903 Heft 34.

sondere Bedingungen ausgearbeitet, welche in der Hauptsache das erreichen sollten, was in den vorliegenden Normalien erfüllt ist. Derartige Bedingungen, welche selbstverständlich den persönlichen Ansichten und Erfahrungen desjenigen, welcher dieselben ausgearbeitet hat, entsprechen und infolgedessen (für die fabrizierenden Firmen) immer andere sind, werden nach dem Inkrafttreten der Normalien unnötig, solange es sich um Anlagen handelt, die nicht allzuweit aus dem Rahmen der Alltäglichkeit fallen.

Außer dem eben erwähnten Vorteile, daß der Verkauf von Maschinen und Transformatoren ein einheitlicherer und damit ein einfacherer wird, erreicht man noch den weiteren, daß die in den Normalien festgelegten Bedingungen, da sie immer wiederkehren, weit genauer vorausbestimmt werden können und man somit weniger der Gefahr ausgesetzt ist, bei erfolgter Lieferung die gestellten Bedingungen nicht einhalten zu können.

Da die Normalien das Interesse der fabrizierenden Firmen sowohl, wie auch dasjenige der Abnehmer in vollstem Maße vertreten, muß es natürlich Sache der fabrizierenden Firma sein, nach Möglichkeit dahin zu streben, die Normalien in Anwendung zu bringen, d. h. diejenigen Abnehmer, welche von dem Vorhandensein der Normalien nicht unterrichtet sind, auf dieselben hinzuweisen und die Offerten unter Zugrundelegung derselben auszuarbeiten. Für solche Anlagen und Maschinen, welche abnormalen Bedingungen zu genügen haben, wird es natürlich notwendig sein, besondere Abmachungen zu treffen; dieser Fall ist ausdrücklich in § 1 vorgesehen. Es sollen aber in solchen Fällen die Normalien nicht einfach summarisch ausgeschlossen werden, sondern nur diejenigen Bestimmungen derselben, welche mit den speziellen Anforderungen der Anlage nicht übereinstimmen, jeweilig abgeändert oder für ungültig erklärt werden. Wenn beispielsweise an einer Maschine aus besonderen Betriebsgründen besondere Anforderungen bezüglich der Isolation notwendig werden, so ist es nicht zulässig, die übrigen Bestimmungen der Normalien gleichfalls nicht in Anwendung zu bringen, sondern es behalten dieselben ihre Gültig-

keit, und nur die Bestimmungen bezüglich Isolation oder einzelne Teile derselben sind besonders zu vereinbaren.

Die Normalien sind unter Berücksichtigung des vom Verfasser in „ETZ" 1900 S. 727 gegebenen Materials in mehreren Kommissionssitzungen bearbeitet worden. Um die Wünsche weiterer Kreise kennen zu lernen, wurde der erste Entwurf mehrfach an die größeren Firmen, an verschiedene Vereine und an einzelne hervorragende Fachleute geschickt mit der Bitte um Rückäußerung und Beifügung weiterer Vorschläge. Das auf diese Weise zahlreich erhaltene Material wurde bei der weiteren Bearbeitung der Normalien eingehend berücksichtigt.

Aus den Rückäußerungen zum ersten Entwurfe war zu entnehmen, daß eine Reihe von Angaben, welche auf Grund eingehender Kommissionsberatungen festgelegt worden waren, mißverstanden wurden. Verwiesen sei diesbezüglich zum Beispiel auf die Festsetzungen über intermittierenden Betrieb, die fast durchgängig falsch aufgefaßt wurden dahingehend, daß alle intermittierenden Betriebe nach diesen Vorschriften gleichmäßig behandelt werden sollen. Letzteres war durchaus nicht beabsichtigt, wie sich aus dem weiter unten Gesagten ergibt. Es gab noch eine Reihe von falsch aufgefaßten Bestimmungen, welche ohne die eingehenden Kommissionsberatungen zu kennen, nicht immer verstanden werden konnten. Dies zeigte deutlich, daß es unbedingt notwendig ist, eingehende Erläuterungen zu den Normalien herauszugeben, um falsche Auffassungen und unbeabsichtigte Schädigungen zu vermeiden.

Definitionen.

Bei den Beratungen zeigte es sich, daß es, um Unklarheiten zu vermeiden, unbedingt notwendig ist, die in den Normalien vorkommenden Begriffe zu präzisieren, da die Bedeutung der einzelnen Bezeichnungen vielfach eine stark schwankende ist. So werden z. B. Motorgeneratoren vielfach als Umformer oder gar als Transformatoren bezeichnet, andererseits werden Wechselstrom-Transformatoren wiederum auch mit dem Namen Umformer belegt und so fort. Ferner ist bei Drehstrom- und Wechselstrommotoren der Begriff Anker durchaus unbestimmt.

Wenngleich nun die Definitionen, welche den Normalien vorangestellt sind, in der Hauptsache dafür geschaffen sind, um den Inhalt der Normalien eindeutig zu gestalten, so hoffte die Kommission gleichzeitig den Sprachgebrauch dadurch günstig zu beeinflussen, daß derselbe sich den hier festgelegten Bezeichnungsweisen in noch weiterem Maße anschließen werde.

Es ist immer mißlich, Definitionen für Sachen festzulegen, die schon lange Zeit bestehen und für die der Sprachgebrauch verschieden ist, was bei der Beurteilung der vorliegenden Definitionen stets berücksichtigt werden muß.

Um Stoßbohrer, Magnete usw. von dem Begriffe „Dynamo" (Generatoren, Motoren usw.) auszuschließen, wurde als besonderes Kennzeichen hinzugenommen, daß eine Maschine „rotieren" muß. Damit hat man allerdings Dynamomaschinen mit hin- und hergehender Bewegung, welche man sich denken kann, ausgeschieden. Da diese Maschinen vor der Hand keine praktische Bedeutung haben, so erschien diese Beschränkung vorläufig zulässig.

Der Begriff „Motorgenerator" ist der am meisten üblichen Benutzung entsprechend so festgesetzt worden, daß derselbe die Vereinigung von einem Motor mit einem Generator darstellt, doch soll selbstverständlich die Vereinigung eines Motors mit 2 Generatoren usf. mit in diese Maschinengattung fallen.

Der Begriff „Umformer" ist beschränkt worden auf Maschinen mit einem Anker, so daß Maschinen mit einer wie mit zwei und mehr Wickelungen unter diesen Begriff fallen.

Im allgemeinen ist der Begriff „Anker" ziemlich eindeutig bestimmt, außer bei Drehstrom- und Wechselstrommotoren. Hier hat sich leider vielfach die Gewohnheit herausgebildet, den Teil, welchem der Strom vom Netz aus zugeführt wird, als Feld zu bezeichnen, während man den anderen Teil der Maschine Anker nennt. Diese Bezeichnungsweise ist, trotzdem sie früher fast allgemein verwendet wurde, doch durchaus falsch. Man nehme bei einem asynchronen Drehstrommotor den fälschlicherweise sogenannten Anker heraus und setze dafür ein Magnetsystem hinein (indem man dadurch einen synchronen Motor aus

dem asynchronen macht) und man hat eine Maschine, die aus zwei Feldern besteht. Benutzt man die so entstandene Maschine als Generator, so würde das Feld Strom abgeben.

Auch ohne den vorgenannten Ersatz des Ankers durch ein Magnetsystem durchzuführen, ersieht man schon, wie fehlerhaft die Benennungen Feld und Anker sind, sobald man den asynchronen Motor übersynchron betreibt. Bekanntlich gibt derselbe dann Strom in das Netz zurück und dieser Strom wird erzeugt im sogenannten Felde. Bei allen anderen Maschinenarten ist die Definition des Ankers, wonach derselbe dadurch charakterisiert ist, daß in ihm elektromotorische Kräfte erzeugt werden, richtig. Auch beim asynchronen Motor ist sie durchaus nicht widersprechend, nur ergeben sich nach dieser Definition für den asynchronen Motor 2 Anker. Zur Unterscheidung der beiden Anker bei asynchronen Motoren empfiehlt es sich, dem Transformator entsprechend, die Benennungen „Primär-“ und „Sekundäranker“ zu gebrauchen. Die Bezeichnungen, welche auch vielfach gebraucht werden, „Ständer“ und „Läufer“, sowie „Rotor“ und „Stator“ sind rein mechanischer Natur. Sie werden allerdings auch vielfach zur Bezeichnung der elektrischen Teile verwendet, wobei immer vorausgesetzt wird, daß der Stator dem oben definierten Primäranker und der Rotor dem Sekundäranker entspricht. Da dies aber durchaus nicht immer der Fall ist, so sind die Bezeichnungen „Stator“ und „Rotor“ usw. unzweckmäßig.

Die Definition des Transformators ist so gefaßt, daß Drosselspulen ausgeschlossen sind.

Bezüglich der Angabe, was unter „Übersetzung“ zu verstehen ist, waren die Ansichten geteilt, da dieselbe bald für Leerlauf, bald für Vollast angegeben wird. Da man bei ersterer Angabe aber auch direkt das Verhältnis der Windungszahlen hat, so ist dieser Wert zweckmäßiger und daher hier gewählt worden. Aus der Spannungsänderung (siehe später) ist ohne weiteres die Übersetzung bei Vollast zu erhalten.

Es hat sich als notwendig erwiesen, bei Drehstrom nicht nur die Bezeichnung für die Spannung zwischen je zwei der drei Leiter zu definieren, sondern auch die Spannung zwischen

den Außenleitern und dem Nullpunkt. Insbesondere machte es sich in der Fabrikation der Zähler notwendig, für diese Spannung eine einheitliche und unzweideutige Bezeichnung zu schaffen, da Zähler sowohl für die Schaltung zwischen Außenleitern, wie auch zwischen Außenleitern und Nullpunkt Verwendung finden. Bisher war der Ausdruck „Phasenspannung“ vielfach für diesen Begriff üblich. Derselbe ist jedoch durchaus irreleitend, da bei einer Maschine mit Dreieckschaltung die Phasenspannung gleich der Spannung zwischen zwei Leitern, also gleich der „Spannung“ ist. In anderer Weise ist der Begriff „Phasenspannung“ unzuverlässig, da er bei Messung mit künstlichem Nullpunkt irreleitend sein könnte. Es wurde daher von der Kommission der Ausdruck „Sternspannung“ gewählt und diese Spannung dahin definiert, daß darunter die Spannung zwischen dem Nullpunkt und je einem der drei Hauptleiter zu verstehen sei. Es sind somit die bei der praktischen Anwendung des Drehstromsystems interessierenden beiden Spannungen unzweideutig festgelegt.

Leistung.

Um einer irrtümlichen Auffassung vorzubeugen, sei ausdrücklich bemerkt, daß die Leistung einer Maschine stets an ihren Klemmen, nicht etwa am Schaltbrett zu messen ist. Die Auffassung, daß man die Leistung am Schaltbrett messen kann, kann schon darum nicht als zulässig betrachtet werden, weil dasselbe in vielen Fällen von der Maschine erheblich entfernt ist, was bei dem Bau der letzteren vielfach nicht bekannt sein wird.

Bezüglich der Maschinen für intermittierenden Betrieb herrschen vielfach ganz irrige Auffassungen, so daß auch die vorliegenden Bestimmungen leicht falsch aufgefaßt werden könnten.

Es ist vielfach eingewendet worden, daß bei intermittierendem Betriebe die Beanspruchung sehr verschieden ist und infolgedessen wurde die Möglichkeit bezweifelt, Grundlagen für diesen Betrieb festsetzen zu können. Diese Ansicht ist durchaus irrig. Es handelt sich für den vorliegenden Zweck nur darum, zu präzisieren, was man unter einem Motor für intermittierenden Betrieb bei einer be-

stimmten Größe zu verstehen hat, und wie man imstande ist, zu prüfen, ob die versprochene Leistung erreicht wird. Welche Größen dann für die einzelnen Fälle verwendet werden, hat mit den vorliegenden Festsetzungen nichts zu tun.

Nehmen wir z. B. einen Motor an, welcher nach den vorliegenden Normalien als ein solcher für 20 PS intermittierend bezeichnet werden kann. Der Anker des Motors wird also, wenn letzterer eine Stunde mit 20 PS belastet ist, nicht wärmer als 50° C (bei Verwendung von Baumwollisolierung) werden. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß man stets, wenn man bei intermittierendem Betriebe die Motorleistung zu 20 PS bestimmt hat, dieses so als 20 PS-Motor definierte Modell verwenden wird. Man muß sich bei der Auswahl des zur Verwendung kommenden Modelles eben den Betriebsverhältnissen anpassen, wie aus nachfolgenden Beispielen hervorgeht.

1. Es wird ein Motor gebraucht zum Antrieb eines Lastenaufzuges. der sehr viel im Betriebe ist. Die Belastung des Motors beträgt immer, wenn er im Betriebe ist, 20 PS.

2. Es wird ein Motor gebraucht zum Antrieb des Hubwerkes eines Dreimotorenkranes. Der Kran ist mäßig im Betriebe. Die Beanspruchung des Motors ist gleichfalls, wenn er im Betriebe ist, 20 PS.

3. Es wird ein Motor gebraucht für das Hubwerk eines Dreimotorenkranes. Der Kran ist nur sehr selten im Betriebe; er wird höchstens 5 Minuten benutzt und steht mehrere Stunden still. Der Motor wird, wenn er im Betriebe ist, mit 20 PS beansprucht.

Für vorstehende drei Fälle wird man nun selbstverständlich nicht immer denselben Motor verwenden, sondern man wird etwa (die genaue Bestimmung muß natürlich auf Grund einer eingehenden Rechnung vorgenommen werden, welche beispielsweise an Hand der vorzüglichen Veröffentlichung von Oelschläger, „ETZ“ 1900, S. 1058, bequem durchgeführt werden kann) für den zweiten Fall einen nach diesen Normalien als Motor für 20 PS (bei intermittierendem Betrieb) bezeichneten nehmen. Für den ersten Fall würde man ein größeres Modell nehmen müssen, z. B. etwa einen Motor, welcher nach vorliegender Vorschrift als für 25 PS definiert ist, während man für den dritten Fall ein kleineres Modell verwenden kann, z. B. einen solchen von

16 PS. Bei der Lieferung würden diese Motoren natürlich auch als 25, 20 bzw. 16 PS-Motoren für intermittierenden Betrieb anzugeben sein.

Es ist also auf diese Weise Gelegenheit gegeben, der Eigenart des Betriebes sich anzupassen, trotzdem doch für den Begriff der Leistung, welche angegeben worden ist, feste Grundlagen bestehen.

Sollen die vorgenannten drei Motoren geprüft werden, so sind sie selbstverständlich auch der Angabe des Verkaufes entsprechend als 25, 20 bzw. 16 PS-Motoren eine Stunde lang zu prüfen, trotzdem sie für eine Leistung von 20 PS in dem speziellen Falle verwendet werden. Zweckmäßig würde man dem Abnehmer dann sagen, daß er für den vorliegenden Fall, wo der Motor mit 20 PS wie vorstehend beschrieben beansprucht wird, ein 25, 20 bzw. 16 PS-Modell verwenden muß.

Bei den Kommissionsberatungen hat sich als unvermeidlich herausgestellt, außer den bisherigen Begriffen für Dauerleistung und Leistung für intermittierenden Betrieb noch eine dritte Betriebsart zu berücksichtigen, nämlich den kurzzeitigen Betrieb. Es war dies nicht zu umgehen, wenn man als normalen Betrieb den Dauerbetrieb nehmen wollte, bei welchem die Temperatur nach Erreichung eines stationären Zustandes gemessen wird. Dieser tritt nach etwa zehn Stunden ein. Es gibt nun aber eine ganze Reihe von Betrieben, welche nur 2 bis 3 Stunden dauern, beispielsweise Einzelanlagen für Beleuchtung, bei denen es außerordentlich unwirtschaftlich wäre, Maschinen für Dauerleistung nehmen zu wollen. Kommt in solchen Anlagen ausnahmsweise eine längere Beanspruchung vor, so ist es immer noch möglich, die Belastung geringer zu nehmen, um dadurch die Maschine vor zu großer Erwärmung zu bewahren. Man ist aber durch die Einführung von Maschinen für kurzzeitige Betriebe in der Lage, in gewissen Fällen mit kleineren Maschinen auszukommen, als dies sonst möglich gewesen wäre.

Temperaturzunahme.

Bei Abfassung der vorliegenden Bestimmungen war man sich vollkommen der Tatsache bewußt, daß sehr große Maschinen nach 10 Stunden in bezug auf Temperatur noch

keinen stationären Zustand erreicht haben. Man ist dennoch bei der Festsetzung der Stundenzahl von 10 geblieben und zwar aus nachfolgenden Gründen. Eine Zunahme der Temperatur nach der zehnten Stunde dürfte im allgemeinen nur bei wenigen Maschinen erfolgen, und diese werden dann eine so hohe Leistung haben und derartig große Objekte repräsentieren, daß dann wohl besondere Bedingungen aufgestellt werden und somit der erste Teil des § 1 in Anwendung kommt. Die Angabe einer bestimmten Stundenzahl ist aber sehr zweckmäßig, da über die Länge der Dauerprobe leicht Meinungsverschiedenheiten zwischen Fabrikant und Abnehmer entstehen können und in solchen Fällen die Abnahmeversuche in unangenehmster Weise verlängert werden könnten. Bei Gleichstrommaschinen würde es außerdem, wenn man keine bestimmte Stundenzahl festsetzt, notwendig werden, mehrmals abzustellen, um zu sehen, ob ein stationärer Zustand eingetreten ist. Um alles dies zu vermeiden, wurde eine bestimmte Stundenzahl festgesetzt. Eine Abkürzung für kleine Maschinen wurde dagegen zugelassen, wenn es als durchaus sicher feststeht, daß ein stationärer Zustand früher erreicht wird. Es wäre zwecklos, wollte man eine Dynamo von vielleicht 5 KW Leistung 10 Stunden lang prüfen. Die Normaltemperatur einer solchen Maschine ist mit Sicherheit nach 6 Stunden erreicht, sodaß man, wenn man die Probe 7 Stunden durchführt, vollkommen sicher ist, den stationären Zustand erreicht zu haben.

Vielfach wurde noch vorgeschlagen, für kleine, mittlere und große Maschinen verschiedene Stundenzahlen für die Dauerproben vorzuschreiben. Dies ergibt jedoch große Schwierigkeiten und wurde daher davon abgesehen.

Bei Transformatoren ist die Ermittelung des stationären Zustandes bedeutend bequemer und sicherer durchzuführen, und daher wurde bei diesen vorgeschrieben, die Prüfung solange auszudehnen, bis der stationäre Zustand erreicht ist. Auch sind Transformatoren in der Regel dauernd im Betriebe (wenn auch nicht immer mit voller Belastung), so daß es schon hierdurch sich als zweckmäßig erweist, die Temperaturmessung erst nach Erreichung des stationären Zustandes vorzunehmen.

Es sei hier übrigens ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß man bei Messungen mit Quecksilber-Thermometern außerordentlich vorsichtig sein muß. Legt man das Thermometer an einer Stelle ein, wo Kraftlinien streuen, so werden durch diese im Quecksilber Ströme erzeugt und dadurch wird das Thermometer eine höhere Temperatur anzeigen. In solchen Fällen kann das Thermometer wohl dazu benutzt werden, anzuzeigen, wann der konstante Zustand eingetreten ist, jedoch muß, wenn dies der Fall ist, das Thermometer, nachdem die Maschine bezw. der Transformator abgestellt ist, herausgenommen, auf eine etwas niedrigere Temperatur gebracht und dann wiederum zur Vornahme der eigentlichen Messungen an dieselbe Stelle angelegt werden. Ergibt sich dann ein etwas niedrigerer Wert wie vorher, so ist dieser dann natürlich maßgebend. In solchen Fällen ist die Verwendung von Alkohol-Thermometern vorzuziehen, falls dies mit Rücksicht auf die zu ermittelnden Temperaturen möglich ist.

In manchen Fällen macht die Einführung eines Thermometers Schwierigkeiten, und es ist eine Veränderung an der Maschine bzw. am Transformator notwendig. Eine solche Änderung muß jedoch so vorgenommen werden, daß dadurch die Temperaturzunahme nicht beeinflußt wird. Von vornherein vorgesehene künstliche Kühlung darf nach § 12 nachgeahmt werden, außer bei der Prüfung von Straßenbahnmotoren. Diese Bestimmung ist hereingenommen worden, weil die Kühlung während der Fahrt in vielen Fällen nicht erheblich und außerdem in bezug auf ihre Größe schwer kontrollierbar ist.

Bei der Messung der Lufttemperatur und in solchen Fällen, wo keine entschiedene Luftströmung bemerkbar ist, wurde angenommen, daß die Messung in einer Entfernung von 1 m von der Maschine vorgenommen werden soll, und zwar in Höhe der Maschinenmitte. Die Entfernung von 1 m wurde gewählt, um Beeinflussung des Thermometers durch direkte Strahlung zu verhindern. Wenn die Entfernung von 1 m nicht durchführbar ist, so ist es natürlich zulässig, auch in geringerer Entfernung die Messung vorzunehmen, wenn man in der Lage ist, die direkte Strahlung mit Sicherheit zu verhindern.

Bei Verwendung von Thermometern zur Temperaturmessung muß man außerordentlich vorsichtig sein, daß eine innige Berührung zwischen dem Thermometer und dem zu messenden Maschinenteile stattfindet.

Die in § 15 und 16 enthaltenen Bestimmungen sind von äusserster Wichtigkeit. Es ist darin festgelegt worden, daß Feldspulen, welche mit Gleichstrom erregt werden, und alle ruhenden Wickelungen bei Generatoren und Motoren durch ihre Widerstandszunahme auf die Temperaturerhöhung untersucht werden, während alle anderen Teile der Maschinen mittels Thermometer gemessen werden.

Die Durchführung der Messung der mit Gleichstrom erregten Feldspulen vollzieht sich auf diese Weise sehr einfach, indem man am Anfang und am Schluß der Dauerprobe den durch die Feldspulen fließenden Strom und den an denselben herrschenden Spannungsabfall konstatiert. Man hat dadurch gleichzeitig auch noch einen weiteren Vorteil erreicht, welcher sich aus nachfolgenden Betrachtungen ergibt. Bekanntlich kann man weder bei Ankern, noch bei Feldspulen die höchste (im Innern) herrschende Temperatur direkt messen (wenn man nicht Hilfswickelungen, Thermo-Elemente usw. zu Hilfe nimmt). Bestimmt man die Temperatur durch Thermometermessung, so mißt man annähernd die niedrigste, während man mit der Messung durch Widerstandszunahme einen Wert bestimmt, der zwischen der höchsten und niedrigsten Temperatur liegt und welcher hier als mittlere Temperatur bezeichnet werden soll. Bei rotierenden Ankern ist nun bekanntlich das Verhältnis von äußerer (geringster) Temperatur zu innerer (höchster) Temperatur im allgemeinen bedeutend kleiner als bei Feldspulen, da letztere gewöhnlich erheblich größere Wickelungstiefen besitzen. Würde man also Anker sowohl wie Feldspulen durch Spannungsabfall messen und die gleichen Grenzen für die Temperaturzunahmen zulassen, so würden entweder die Anker zu ungünstig oder die Spulen zu günstig beurteilt werden. Dadurch nun, daß man bei Spulen nicht die äußere, sondern die mittlere Temperatur feststellt, werden die Verhältnisse ungefähr gleichmäßig, so daß man bei gleichen zulässigen Temperaturerhöhungen annähernd auf die gleichen Maximaltemperaturen im Innern kommt.

Das vorstehend Gesagte gilt für Anker von Gleichstrommaschinen und für rotierende Anker von Wechselstrommaschinen. Anders ist dies bei feststehenden Ankern von Wechselstrommaschinen. Im allgemeinen arbeitet man bei diesen mit großen Umfangsgeschwindigkeiten mit Rücksicht auf die Unterbringung der vielen Pole. Daraus ergibt sich, daß man gegenüber den Gleichstrommaschinen mit erheblich größeren Ankerdurchmessern arbeitet und infolgedessen erheblich kürzere Maschinen bekommt, als bei Gleichstrom. Da nun des weiteren Wechselstrom- und Drehstrommaschinen mit feststehendem Anker in der Regel für höhere Spannungen gebaut werden und somit die Isolationen zwischen Kupfer und Eisen ziemlich bedeutende Wandstärken erhalten, so tritt ein geringerer Ausgleich der Wärme zwischen Kupfer und Eisen ein. Infolge der wie erwähnt meist sehr kurzen Anker liegt der größte Teil des Ankerkupfers an dem Kopfe, wo dasselbe gut ventiliert ist, und so kann der Fall eintreten, daß dieses am Kopf freiliegende Kupfer sehr kalt und das im Eisen eingebettete Kupfer verhältnismäßig warm ist, da ja ein Ausgleich durch die dicke Isolation sehr erschwert ist. Damit nun bei einer solchen Maschine ausgeschlossen ist, daß innerhalb der Nuten eine der Isolation gefährliche Temperatur vorhanden ist, während man außen mittels des Thermometers ganz unschädliche Temperaturen ermittelt, wurde die Ermittelung der Temperaturzunahme durch Widerstandsmessung außer auf die mit Gleichstrom erregten Feldspulen auch noch für alle ruhenden Wickelungen vorgeschrieben. In nachstehender Tabelle (vgl. S. 39) sind für die am meisten üblichen Maschinenarten die bei den einzelnen Teilen anzuwendenden Meßmethoden übersichtlich zusammengestellt.

Der zweite Absatz von § 15 soll sich in der Hauptsache auf die Messungen an Ankern, welche in axialer Richtung beträchtliche Ausdehnung besitzen, und bei denen infolgedessen erhebliche Unterschiede in der Erwärmung an den einzelnen Stellen herrschen können, beziehen.

Für Transformatoren ist die Thermometermessung gewählt worden, wobei ausschlaggebend war, daß die Beschaffung von Gleichstrom zur Messung der unter Umständen außerordentlich niedrigen Widerstände in vielen

Bauart der Maschine	Feldspulen	Primäranker	Sekundäranker
Gleichstrommaschinen und Umformer	Widerstandszunahme	Thermometer	—
Wechsel- bzw. Drehstromgeneratoren und Synchronmotoren mit feststehendem Anker	Widerstandszunahme	Widerstandszunahme	—
Wechsel- bzw. Drehstromgeneratoren und Synchronmotoren mit rotierendem Anker	Widerstandszunahme	Thermometer	—
Asynchrone Motoren mit feststehendem Primäranker	—	Widerstandszunahme	Thermometer
Asynchrone Motoren mit rotierendem Primäranker	—	Thermometer	Widerstandszunahme
Transformatoren		Thermometer	

Fällen unmöglich ist, zumal man ja hier stets an das Kupfer herankommen kann.

Bei der Bestimmung der Temperatur aus der Widerstandszunahme ist angegeben worden, daß der Temperaturkoëffizient des Kupfers, wenn er nicht besonders bestimmt wird (was in der Regel mit Rücksicht auf die damit verbundene große Arbeit der Fall sein wird), zu 0,004 anzunehmen ist. Man war sich wohl bewußt, daß diese Angabe theoretisch genommen nicht richtig ist, da der Temperaturkoëffizient kein konstanter Wert ist, sondern von der Lufttemperatur abhängt. Die genaue Formel für den Temperaturkoëffizienten ist nach Angaben von Dr. Stern

$$\text{Temperaturkoëffizient} = \frac{0{,}0041}{1 + \text{Lufttemperatur} \cdot 0{,}0041}.$$

Die jahrelangen Erfahrungen in Versuchsräumen mehrerer großer Firmen haben aber ergeben, daß man mit dem Werte 0,004 vollkommen durchkommt. Der genaue Wert verursacht viel Umrechnungen, da die Lufttemperatur sich während der Messungen meist erheblich ändert.

Es bedeutet daher eine große Vereinfachung, wenn es gemäß den genannten Erfahrungen möglich ist, einen bestimmten Koëffizienten anzunehmen.

Erfahrungsgemäß findet man übrigens bei der Ermittlung der Temperaturzunahme durch Widerstandsmessung häufig falsche Auffassungen, obwohl die diesbezüglichen Angaben in den §§ 16, 18 und 19 ganz klar gehalten sind. Es wird nämlich hin und wieder angenommen, daß man die Temperaturzunahme direkt aus der Widerstandszunahme auszurechnen hat. Dies ist falsch. Es ist aus der Widerstandszunahme die Temperatur der betreffenden Wicklung zu berechnen und aus dieser Temperatur, der Anfangstemperatur und der während der Schlußmessungen herrschenden Lufttemperatur (vgl. § 13) ist die Temperaturzunahme zu bestimmen. Ein Beispiel möge dies erläutern.

Es sei eine Wicklung vorhanden, welche in kaltem Zustande einen Widerstand von 1 Ω hat, gemessen bei einer Lufttemperatur von 10°. Die Wicklung hat somit gleichfalls eine Temperatur von 10°. Die Wicklung wird

unter Strom gesetzt, und es wird nach zehnstündigem Betrieb ein Widerstand von 1,2 Ω konstatiert. Durch die nach § 13 vorgeschriebene Messung der Lufttemperatur, während des letzten Viertels der Versuchszeit, wurde dieselbe am Schlusse des Versuches zu 20° ermittelt. Die Temperaturzunahme der Wicklung ist nun in folgender Weise zu bestimmen:

Aus der Widerstandszunahme ergibt sich eine Temperaturzunahme gegenüber dem Anfangszustande von 50°. Daraus ergibt sich, daß die (mittlere) Temperatur am Ende des Versuches 50 + 10° = 60° beträgt. Da nun die Lufttemperatur am Schlusse des Versuches 20° ist, so ergibt sich eine Temperaturzunahme gegenüber Luft von 60° — 20° = 40°. Man ersieht also daraus, daß man die Änderung der Lufttemperatur bei der Berechnung der Temperaturzunahme aus der Widerstandszunahme zu berücksichtigen hat. Die Temperaturzunahme einer Wicklung ergibt sich daher durch folgende Gleichung:

$$\text{Temperaturzunahme} = \frac{\text{Widerstandszunahme}}{0{,}004} + \text{Anfangslufttemperatur} - \text{Endlufttemperatur}.$$

Der § 18 enthält die Angaben über die höchsten zulässigen Temperaturzunahmen von allen Maschinen und Transformatoren mit Ausnahme der Motoren für Straßenbahnen. Es wurde ein Unterschied nach der Art der verwendeten Isolationsmaterialien gemacht, was nicht zu umgehen war. Es kann vielleicht eingewendet werden, daß es an den fertigen Maschinen unter Umständen schwer ist zu prüfen, was für Isolationsmaterial Verwendung gefunden hat. Dieser Einwand erscheint jedoch nicht stichhaltig, da die Vornahme derartiger Versuche stets von sachverständiger Seite ausgeführt werden und es dieser in der Regel möglich sein wird, die Natur des Isolationsmaterials zu erkennen. In anderen Fällen müssen von seiten des Fabrikanten die nötigen Angaben verlangt werden.

Die Zahlen für die zulässige Temperaturzunahme sind festgelegt unter Berücksichtigung der vorhin erwähnten Verhältnisse von äußerer bzw. mittlerer Temperatur zu Maximaltemperatur, der für die Dauer zulässigen Temperaturen der einzelnen Isolationsmaterialien und unter An-

nahme einer Raumtemperatur von 35° C. Die letztere Zahl ist ausdrücklich in den Bestimmungen beigefügt worden, um für abnormal hohe Raumtemperaturen gleich einen Anhalt dafür zu geben, um wieviel die zulässige Temperaturzunahme zweckmäßig heruntergesetzt werden sollte. Letzteres kann natürlich nur Platz greifen, wenn von dem Besteller rechtzeitig und ausdrücklich Angaben über die Raumtemperatur gemacht sind.

Für ruhende Wickelungen sind höhere Werte für die Temperaturzunahme festgesetzt worden, weil dann die Isolationsmaterialien mechanisch nicht beansprucht werden.

Für Straßenbahnmotoren sind absichtlich höhere Temperaturzunahmen zugelassen worden, und zwar aus zwei Gründen: erstens, weil von der Nachahmung der Kühlung während der Fahrt bei dem Versuche Abstand genommen werden muß, zweitens, weil man mit Rücksicht auf Platz sowohl, wie auf Gewicht im allgemeinen gezwungen ist, die Motoren höher zu beanspruchen. Man muß hier einen Kompromiß machen zwischen Gewicht und Lebensdauer. Die angegebenen Zahlen sollen die höchsten zulässigen Werte für die Temperaturzunahme darstellen, so daß es unbenommen bleibt, falls Gewicht bzw. Platz dies gestattet, die Motoren so zu dimensionieren, daß sie sich weniger erwärmen und dementsprechend ihre Lebensdauer eine größere ist.

Verwendet man Straßenbahnmotoren für andere Zwecke, dann sind die höheren Temperaturzunahmen nicht mehr zulässig, so daß also eine Type beispielsweise für Straßenbahnzwecke einen 20 PS-Motor darstellen, während sie für andere Zwecke und intermittierenden Betrieb verwendet, etwa nur als 16 PS-Motor gelten kann, da im letzteren Falle die Temperaturzunahme nur 50° bei Baumwollisolierung betragen darf. Es ergibt dies eine kleine Komplikation, doch ist dieselbe insofern nicht von Belang, als im allgemeinen für Straßenbahnmotoren und für Motoren für intermittierenden Betrieb besondere Typen vorhanden sind. Letzteres ist schon meist deswegen der Fall, weil die Befestigungen sowohl, wie die Schmierung bei Straßenbahnmotoren anders sind, wie bei Motoren für stationären Betrieb.

Es sei noch besonders hervorgehoben, daß bei der Prüfung von Straßenbahnmotoren die Handlochdeckel nicht geöffnet werden dürfen, wie dies aus den Bestimmungen des § 12 hervorgeht.

In § 21 ist angegeben, dass dauernd kurzgeschlossene Wickelungen höhere Temperaturzunahmen haben dürfen, als die in den vorhergehenden Paragraphen angegebenen Werte. Es sind speziell die Wickelungen von Kurzschlußankern und die Dämpferwickelung nach Hutin & Leblanc gemeint. Bei diesen Wickelungen hat eine zu hohe Beanspruchung des Isoliermaterials keine Bedeutung, da eine Überanspruchung der Isolation keine Änderung in der Funktion zur Folge hat.

Vorschriften über die größte zulässige Eisentemperatur sind nicht gemacht worden. Die Kommission hat sich eingehend mit der Frage beschäftigt, ob solche erforderlich seien, um eine nachträgliche Zunahme des Eisenverlustes infolge Alterns zu verhüten, hat aber beschlossen, davon abzusehen, da derartige Bestimmungen zur Zeit nicht mehr als notwendig zu erachten sind. Nach den von Herrn Dr. Stern vorgelegten, auf mehrere Jahre sich erstreckenden, umfangreichen Beobachtungen hat sich ergeben, daß 1. Altern auch bei ganz niedrigen Temperaturen eintreten kann und 2. daß der Fortschritt in der Fabrikation von Dynamoblechen so erheblich ist, daß Vorschriften mit Rücksicht auf Altern nicht mehr notwendig sind. Herr Dr. Stern hat auch auf Veranlassung der Kommission dieses Material in der „ETZ“ 1903, Heft 22, veröffentlicht, und es ist daraus alles Nähere zu entnehmen.

Überlastung.

Eine Überlastung der Maschine soll nicht stattfinden zu Zeiten, wo sie ihre höchste Erwärmung erreicht hat. Daher soll auch im allgemeinen die Probe auf die Überlastungsfähigkeit nicht im Anschluß an die Dauerprobe vorgenommen werden. Es könnte dieses speziell bei kleinen Maschinen, bei welchen die Temperatur schnell der Belastung sich anpaßt, zu unzulässiger Erwärmung der Maschine führen, welche der praktischen Bean-

spruchung in den meisten Fällen nicht einmal entsprechen würde. Es ist jedoch zulässig, die Überlastungsprobe bei Beginn der Dauerprobe durchzuführen. Es wird dadurch Zeit gespart und gleichzeitig der stationäre Zustand bezüglich der Temperatur schneller erreicht.

Natürlich ist es auch zulässig, die Überlastungsprobe unabhängig von der Dauerprobe durchzuführen.

Zwecks Prüfung auf ihre mechanische Festigkeit ist vorgeschrieben, daß solche Maschinen, welche betriebsmäßig mit annähernd konstanter Tourenzahl arbeiten, leerlaufend eine um 15 % erhöhte Tourenzahl unerregt und vollerregt 5 Minuten lang aushalten müssen. Daß sowohl die Prüfung in unerregtem, wie in erregtem Zustande vorgeschrieben wurde, ist darauf zurückzuführen, daß bei einzelnen Maschinentypen der erregte Zustand, bei anderen wieder der unerregte Zustand die ungünstigsten Beanspruchungen ergibt. Da es sich aber allgemein nicht festlegen läßt, bei welchen Maschinen der eine oder andere Zustand der ungünstigste ist, so wurden beide Prüfungen vorgeschrieben.

Der festgesetzte Wert der Tourenerhöhung von 15 % könnte leicht für zu niedrig gehalten werden. Wenn man aber berücksichtigt, daß eine Tourensteigerung von 15 % einer Steigerung der Zentrifugalkräfte von 32 % entspricht, so wird man den Wert wohl für genügend erachten können. Bei normalen Maschinen hätten keinerlei Bedenken vorgelegen, noch höhere Werte anzunehmen, jedoch mußte davon abgesehen werden mit Rücksicht auf sehr schnell laufende Maschinen, wie sie z. B. für Kuppelung mit Dampfturbinen gebaut werden. Bei diesen würde eine weitere erhebliche Tourensteigerung unter Umständen zu ungünstigen Einschränkungen bei der Konstruktion führen. Da im Betriebe in den weitaus meisten Fällen eine größere Tourensteigerung als 15 % nicht vorkommt, so dürfte für normale Fälle mit dieser Vorschrift genügende Sicherheit geschaffen sein. In solchen Betrieben, in welchen weitere Tourensteigerungen zu befürchten sind, müssen dann besondere Vorschriften nach dieser Richtung hin gemacht werden.

Isolation.

Der Isolationswiderstand von Maschinen und Transformatoren hängt bekanntlich nicht nur von dem Zustande derselben ab, sondern auch von der Spannung, mittels welcher er gemessen wird. Es wäre also notwendig gewesen, bei der Messung des Isolationswiderstandes die Anwendung einer Spannung vorzuschreiben, welche in einem gewissen Verhältnisse zu derjenigen der Maschine bezw. des Transformators steht. Das ergibt aber für Hochspannungsmaschinen außerordentliche Unbequemlichkeiten, wenn nicht gar die Unmöglichkeit der Messung. Des weiteren kommt in Betracht, daß die Größe des Isolationswiderstandes, wenn sie nicht mit einer Spannung gemessen ist, welche mindestens der Betriebsspannung gleichkommt, durchaus nicht geeignet ist, ein richtiges Bild von dem Zustand der Isolation zu geben. Es kann beispielsweise eine Hochspannungsmaschine einen außerordentlich hohen Isolationswiderstand haben, wenn derselbe mit niedriger Spannung gemessen ist, und doch bei normaler oder einer nur um wenig höheren Spannung durchschlagen.

Diese Gründe bewogen die Kommission, von der Messung des Isolationswiderstandes überhaupt abzusehen und eine rein praktische Probe bezüglich der „Festigkeit“ der Isolation vorzuschreiben.

Alle Maschinen bzw. Transformatoren müssen mit Sicherheit die normale Spannung aushalten. Da nun aber bei Belastungsschwankungen, plötzlicher Erhöhung der Tourenzahl oder durch Unvorsichtigkeit es leicht vorkommen kann, daß eine höhere Spannung als die normale auftritt, und da diese auch noch mit Sicherheit ausgehalten werden muß, so ist es notwendig, daß jede Maschine bzw. jeder Transformator eine erheblich höhere Spannung als die normale eine gewisse Zeit muß aushalten können. Es wird auf diese Weise gewissermaßen die Festigkeit der Isolation probiert, ohne den Größenwert derselben festzustellen.

Da die Isolation im warmen Zustande vielfach erheblich geringer ist als in kaltem, so ist es unbedingt notwendig, diese vorgenannte Probe im warmen Zustande, und

zwar bei der der normalen Belastung entsprechenden Temperatur auszuführen.

Die Isolation wird in den meisten Fällen mit der Zeit abnehmen, ohne daß das Isolationsmaterial gelitten zu haben braucht. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß sich allmählich Staub ansetzt und so leicht Brücken gebildet werden, oder aber bei Hochspannungsmaschinen eine geringe Oberflächenleitung eintritt. Es ist daher gefährlich, derartige Proben nach längerem Betriebe zu wiederholen, worauf in den Vorschriften besonders hingewiesen ist. Es kommt ja öfters vor, daß auch nach Ablauf der Garantiezeit nochmals Proben vorgenommen werden, und es würde sich empfehlen, in solchen Fällen von einer Prüfung auf Isolierfestigkeit abzusehen. Jedenfalls soll dieselbe nicht ohne weiteres verlangt werden können.

Bei der Festsetzung der Prüfungsspannung ist angenommen worden, daß für Wechselstrom annähernd die gleiche Spannungskurve bei der Prüfung auf Isolierfestigkeit Anwendung findet, wie sie bei der Maschine vorhanden ist. Da im allgemeinen moderne Maschinen besonders spitze oder flache Kurven vermeiden, so dürfte der Unterschied, welcher sich aus der etwaigen Differenz der Spannungskurven ergibt, nicht erheblich sein, sofern eine andere Stromquelle zur Erzeugung des Stromes benutzt wird, als die Betriebsmaschine ist. Man muß in solchen Fällen nach Möglichkeit vermeiden, Hilfsmaschinen mit spitzen oder flachen Kurven zu verwenden. Da es bei Wechselstrommaschinen sich aber meist um Hochspannung handelt und man vielfach Transformatoren zwischenschaltet, so wird man dadurch schon eine Kurvenform erzielen, welche von der sinusförmigen Gestalt nicht erheblich abweicht.

Bei den Angaben in § 30 wurde daher auch, sofern die Prüfung mit anderen Stromarten vorgenommen wird, das Vorhandensein einer Sinuskurve angenommen und dementsprechend der Zahlenwert 0,7 bzw. 1,4 eingesetzt.

Magnetspulen mit Fremderregung sind besonders scharf in den Vorschriften behandelt worden. Es ist dies darauf zurückzuführen, daß die Spannung, welche beim Ausschalten entsteht, leicht erhebliche Werte annimmt und somit die Isolation sehr stark beansprucht ist. Man ist nun allerdings in der Lage, die Entstehung schädlicher Extra-

spannungen durch Einschaltung von Widerständen vor dem Ausschalten zu verhindern. Da aber derartige Sicherheitsmaßregeln nicht immer angewandt werden, so erschien es zweckmäßig, diese Wicklung einer besonders scharfen Prüfung zu unterwerfen. Dies dürfte, selbst wenn man die genannte Methode bei der Ausschaltung anwendet, nicht unangenehm empfunden werden, da man derartige Wickelungen schon so wie so so gut isoliert, daß sie stets die dreifache Betriebsspannung aushalten werden.

Da es vorkommen kann, daß eine Maschine gegen Gestell vollkommen den Vorschriften genügt und trotzdem bei geringer Steigerung der normalen Spannung in sich durchschlägt, so ist auch die Prüfung der Isolation der Wicklung selber notwendig. Es wurde daher vorgeschrieben, daß die Maschine 5 Minuten lang eine um 30% erhöhte Betriebsspannung muß aushalten können. Dieser Prozentsatz wird in allen denjenigen Fällen genügen, in welchen eine Spannungserhöhung durch plötzliche Entlastung, Tourensteigerung usw. im Betriebe hervorgerufen wird. Solche Spannungserhöhungen, welche in Hochspannungs-Wechselstromanlagen, die mit Kabel arbeiten, auftreten können, werden durch diese Spannungsprüfung allerdings nicht unschädlich gemacht. Gegen diese würde man sich aber auch, vorausgesetzt, daß kein Mittel zur Beseitigung dieser Spannungserhöhungen angewendet wird, nicht durch eine Prüfung mit doppelter Spannung schützen können, da nach neueren Erfahrungen diese Überspannungen den fünfbis zehnfachen Wert der normalen Botriebsspannung erreichen können. Wenn also eine Maschine durch derartige Überspannungen, wie sie bei großen Kabelnetzen auftreten können, gefährdet wird, so ist es nicht notwendig, die Maschine für eine zehnfache Spannung zu isolieren, sondern es muß für die Beseitigung der Überspannungen gesorgt werden. Es wird daher genügen, wenn sich die Prüfung mit Überspannung auf denjenigen Wert der letzteren bezieht, welcher betriebsmäßig im allgemeinen vorkommen kann.

Wirkungsgrad.

Da die Wirkungsgradbestimmung, sowie die Berechnung desselben sehr viel Arbeit erfordern, würde es bei Wechselstrommaschinen und Transformatoren, deren

Phasenverschiebung durch äußere Umstände veränderlich ist, sehr umständlich sein, der jeweiligen Phasenverschiebung entsprechend neue Berechnungen und Messungen anstellen zu müssen. Um derartige Komplikationen und unnötige Arbeiten zu vermeiden, wurde festgesetzt, daß die Bestimmung des Wirkungsgrades stets für Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung durchgeführt werden soll. Selbstverständlich sind davon Abweichungen zulässig, da nach § 1 ausdrücklich getroffene Vereinbarungen die hier gegebenen Bestimmungen aufheben.

Nach § 34 ist bestimmt, daß die Angaben des Wirkungsgrades sich stets auf die, dem normalen Betriebe entsprechende Erwärmung beziehen sollen. Aus dem Wortlaut geht schon hervor, daß die Bestimmungen nicht unbedingt im warmen Zustande gemacht werden müssen. Falls dem Schwierigkeiten entgegenstehen, ist es zulässig, die Bestimmungen in einem anderen Temperaturzustande zu machen, nur muss dafür gesorgt werden, dass durch Umrechnung in einwandsfreier Weise die gemessenen Werte auf den normalen Temperaturzustand bezogen werden.

Die Hauptschwierigkeiten, welche der Bestimmung des Wirkungsgrades entgegenstehen, sind zu suchen einesteils in der direkten Kuppelung von Maschinen mit Kraft- bzw. Arbeitsmaschinen, andernteils in der ungenügenden Kenntnis der zusätzlichen Verluste.

Der erstere Umstand ist dadurch begründet, daß bei der direkten Kuppelung es nicht möglich ist, die zugeführte bzw. abgegebene Arbeit zu bestimmen, ohne daß erhebliche Änderungen vorgenommen werden. Ferner bestehen vielfach Unklarheiten bezüglich der Verteilung des Reibungsverlustes. Beispielsweise will bei einer Dampfdynamo weder der Dampfmaschinen- noch der Dynamolieferant die Lagerreibung des bzw. der gemeinschaftlichen Lager übernehmen. Bei Schwungradmaschinen bestehen vielfach Unklarheiten darüber, ob die Luftreibung zur Dampfmaschine oder zur Dynamo gehört. Aus diesen Gesichtspunkten heraus wurde für die Ermittelung des Wirkungsgrades eine wesentliche Unterscheidung insofern eingeführt, als für Maschinen, welche selbständig arbeiten, d. h., die ohne Zuhilfenahme fremder Lager untersucht werden können,

die Reibung zur elektrischen Maschine gehörig betrachtet wurde, während bei Maschinen, die nicht abkuppelbar sind bzw. nicht ohne Zuhilfenahme fremder Lager in Betrieb genommen werden können, die Reibung nicht zur elektrischen Maschine gerechnet wird.

Bezüglich des zusätzlichen Verlustes wurde prinzipiell festgelegt, daß von einer Bestimmung desselben Abstand genommen wird.

In Wechselstromanlagen wird der Wirkungsgrad von Motoren und Transformatoren von der im Netz vorhandenen Kurvenform beeinflußt. Da es aber nicht angängig ist, über die Kurvenform Vorschriften zu machen, so bleibt. um Lieferanten vor nachträglichen Schädigungen zu bewahren, als einziger Weg übrig, vorzuschreiben, daß die Garantien als erfüllt anzusehen sind, wenn dieselben bei sinusförmiger EMK erreicht werden. Wenn Maschinen und Transformatoren im Anschluß an ein bestimmtes Netz geliefert werden müssen, dessen Kurvenform bekannt gegeben worden ist, hat diese Vorschrift natürlich keine Gültigkeit mehr. Sie ist lediglich von Wichtigkeit für solche listenmäßig hergestellten Maschinen und Transformatoren, welche ohne besondere Vorschriften verkauft werden. Bei modernen Anlagen ist an sich die Vorschrift von verhältnismäßig geringer Bedeutung, da diese Anlagen beinahe alle mit fast sinusförmiger Kurvenform arbeiten. Gleichzeitig wurden Vorschriften gemacht bezüglich der Symmetrie bei Mehrphasenstrom. Bei verketteten Zweiphasenanlagen und unter Umständen auch bei gewissen Dreiphasenanlagen können die einzelnen Phasen verschiedene Spannungen haben, und es kann hierdurch der Wirkungsgrad beeinflußt werden.

Bezüglich des vorletzten Absatzes des § 34 ist noch zu bemerken, daß natürlich nur diejenigen Verluste im Feldrheostat berücksichtigt werden sollen, welche bei dem Bau der Maschine als auf Grund der Unterlagen in Frage kommend angenommen werden konnten. Ein Beispiel wird am einfachsten zeigen, was hier gemeint ist:

Nehmen wir an, es ist eine Drehstrommaschine angefragt, welche von einem vorhandenen Netz mit etwa 110 V erregt werden soll. Nun ist die betreffende Spannung aber erhöht worden, z. B. auf 120 V, so daß dadurch der

im Widerstand entstehende Verlust vergrößert wird. Für diesen vergrößerten Verlust kann natürlich der Lieferant der Maschine nicht verantwortlich gemacht werden.

Da heute viele Maschinen und Transformatoren mit künstlicher Kühlung arbeiten, so ist es für den Vergleich verschiedener Konstruktionen unbedingt wichtig, zu wissen, ob für die Kühlung Leistung verbraucht wird und ob diese in den Wirkungsgradangaben mit eingeschlossen ist. Es läßt sich dies jedoch nicht in allen Fällen durchführen, da es vielfach bei Verwendung von Wasserkühlung schwer sein wird, anzugeben, welche Leistung dieser Wassermenge entspricht. Ebenso würde es schwierig sein, bei Luftkühlung Angabe der entsprechenden Leistung zu machen, wenn die Kühlluft einem vorhandenen Druckluftnetz entnommen wird. In solchen und ähnlichen Fällen bleibt daher nichts anderes übrig, als auf die Angabe der für die Kühlung verbrauchten Leistung zu verzichten. Um nun aber trotzdem eine Bewertung verschiedener Konstruktionen zu ermöglichen, wurde vorgeschrieben, daß bei Angabe des Wirkungsgrades einer künstlich gekühlten Maschine oder eines künstlich gekühlten Transformators ausdrücklich zu bemerken ist, ob die für die Kühlung erforderliche Leistung als Verlust mit in Rechnung gezogen ist.

Die Kommission hat sich im allgemeinen auf den Standpunkt gestellt, nur Festsetzungen darüber zu treffen, was gemessen werden soll, nicht aber darüber, wie die Messungen durchzuführen sind. Es muß dies eben dem die Messungen Ausführenden überlassen bleiben, was um so eher angängig ist, als es sich hier doch stets um Fachleute handeln wird. Es schien aber dennoch notwendig, auf gewisse Einzelheiten besonders aufmerksam zu machen, um in Fällen, wo verschiedene Ansichten auftreten, feststellen zu können, von welchen Ansichten die Kommission bei Festsetzung der Normalien ausgegangen ist.

Da die nach den verschiedenen Methoden ermittelten Werte für den Wirkungsgrad verschieden ausfallen müssen, so ist es unbedingt erforderlich, bei Angabe eines Wirkungsgrades stets die Methode seiner Ermittelung beizufügen. Es ist dies daher ausdrücklich vorgeschrieben worden, da sonst die durch die vorliegenden Normalien erhoffte Einheitlichkeit verloren gehen würde.

Methoden zur Bestimmung des Wirkungsgrades.

Die Bestimmung des Wirkungsgrades ist am einfachsten durchführbar durch die direkte elektrische Methode (§ 37), jedoch nur bei Maschinenarten, welche elektrische Arbeit in elektrische verwandeln, und bei Transformatoren. Diese Methode ist außerdem nicht immer einwandsfrei. Keinerlei Schwierigkeiten ergeben sich bei Motorgeneratoren und Umformern für Gleichstrom. Hier ist die Messung der zugeführten wie der abgegebenen Arbeit mit großer Genauigkeit durchführbar, so daß ein einwandsfreies Resultat unbedingt erzielt werden kann. Bei kleineren und mittleren Transformatoren sowie Motorgeneratoren und Umformern für Drehstrom-Gleichstrom, Wechselstrom-Gleichstrom, Drehstrom-Wechselstrom und umgekehrt mit nicht allzu hohen Spannungen ist diese Methode gleichfalls gut. Bei größeren Maschinen der vorgenannten Art und bei größeren Transformatoren ergeben sich dagegen vielfach Bedenken bezüglich der Genauigkeit der Messung. Hat die Maschine hohe Spannung, so gibt diese Veranlassung zu Schwierigkeiten in der Ausführung der Messung, hat dieselbe niedrige Spannung, so werden die Stromstärken sehr groß und ist somit die Wattmessung der Wechselstrom- bzw. Drehstromseite außerordentlich ungenau, da es an zuverlässigen Wattmetern für große Stromstärken vor der Hand noch fehlt. In solchen Fällen ist es besser, mittels einer der indirekten Methoden den Wirkungsgrad zu bestimmen.

Die indirekte elektrische Methode (§ 38) ist im Gegensatz zur direkten theoretisch ungenau, während sie den Vorzug besitzt, bei großen Maschinen bequem durchführbar zu sein, da man dem System nur den Verlust zuzuführen braucht. Die theoretische Ungenauigkeit ergibt sich daraus, daß alle Maschinenarten sich verschieden verhalten, je nachdem ob sie als Generator oder als Motor betrieben werden. Dagegen ist die Meßgenauigkeit bei dieser Methode verhältnismäßig groß, weil die Meßfehler nur Prozente der Verluste betragen können und auf das Gesamtresultat infolgedessen nur geringen Einfluß haben. Dies bewirkt, daß trotz der erwähnten Unvollkommenheit

diese Methode in vielen Fällen sehr zweckmäßig zu verwenden ist.

Die direkte Bremsmethode (§ 39) hat den großen Vorzug der Einfachheit, läßt jedoch vielfach in bezug auf Genauigkeit zu wünschen übrig. Insbesondere hängt die Genauigkeit sehr von dem zur Verwendung kommenden Bremszaum ab, auf dessen Konstruktion leider vielfach nicht genügend Rücksicht genommen wird. Die Anwendung dieser Methode ist des weiteren beschränkt in bezug auf die Größe der zu untersuchenden Maschinen, da bei großen Leistungen die sichere Abführung der in Wärme umgesetzten Leistungen Schwierigkeiten bereitet. Es war sogar vielfach das Bestreben vorhanden, die Bremsmethode mit Rücksicht auf die erwähnten Ungenauigkeiten derselben ganz auszuschließen, doch wurde davon Abstand genommen, weil dieselbe dem Maschineningenieur so geläufig ist und weil in neuerer Zeit verbesserte Bremsen geschaffen worden sind, welche die Möglichkeit geben, eine größere Genauigkeit zu erreichen. Es ist daher wünschenswert, diese verbesserten Methoden mehr einzuführen, als dies bisher der Fall ist.

Auf einen anderen Umstand, welcher bei der Durchführung der Bremsung Anlaß zu Fehlern geben kann, soll hier noch ausdrücklich hingewiesen werden. Es liegt in der Natur der Sache, daß die gesamte von dem zu untersuchenden Motor abgegebene Leistung an der Bremsscheibe in Wärme umgesetzt wird. Es kann daher leicht der Fall eintreten, daß die Wärme durch Leitung oder Strahlung auf den Anker, die Magnetspulen usw. übertragen und somit ein falsches Resultat erzielt wird. Nach dieser Richtung hin muß man bei der Durchführung der Bremsmethode vorsichtig sein, was ja aber durch Anwendung einer entsprechenden Kühlvorrichtung leicht möglich ist.

Die in § 40 angegebene indirekte Bremsmethode ergibt vielfach eine größere Genauigkeit, als die direkte (mechanische) Bremsmethode, sofern man in der Lage ist, die Hilfsmaschine mit der zu untersuchenden Maschine direkt zu kuppeln. Es wurde, da dies nur in wenigen Fällen möglich sein wird, auch die Anwendung von Riemenübertragung zugelassen, doch kommen dadurch

Verluste herein, deren Größe man nicht genau bestimmen kann. Eine derartige Untersuchung ist immer als ein Notbehelf zu betrachten, und dürfte es zweckmäßiger sein, in solchen Fällen die in § 41 beschriebene Methode anzuwenden.

Bei der Leerlaufsmethode (§ 41) ist angegeben, daß der Verlust, welcher zum Betriebe der Maschine bei normaler Tourenzahl und Feldstärke in eingelaufenem Zustande auftritt, gemessen werden soll. Dies ist selbstverständlich so zu verstehen, daß hier nicht immer direkt die aufgenommenen Werte eingesetzt werden sollen, sondern, daß, falls es notwendig ist, eine Korrektur unter Berücksichtigung der Jouleschen Verluste in Anker, Bürsten und Übergangswiderstand, vorgenommen wird. In vielen Fällen wird diese Korrektur sehr unbedeutend sein, doch gibt es auch Fälle, wo dieselbe nicht vernachlässigt werden darf.

Bei der Bestimmung des Jouleschen Verlustes im Übergang von Bürsten auf Kollektor (bei Gleichstrommaschinen) ist besonders darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Übergangswiderstand von der Stromdichte abhängig ist, ein Umstand, dem bei den erforderlichen Umrechnungen Rechnung zu tragen ist.

Die Lagerreibung, welche bekanntlich mit der Temperatur stark veränderlich ist, muß vor Beginn der Untersuchung einen konstanten Wert angenommen haben. Bestimmte Zahlen, wann dieser Zustand erreicht ist, können allgemein nicht angegeben werden und hängen von der Größe der Lager ab. Man führt daher am besten den Versuch so durch, daß man die Maschine bei konstanter Spannung einlaufen läßt und den Leerlaufstrom während der Einlaufsperiode ab und zu beobachtet. Tritt keine Änderung mehr ein, so ist die Lagerreibung konstant. Im allgemeinen wird dies nach 3 bis 5 Stunden der Fall sein. Es sei des weiteren noch darauf hingewiesen, dass es notwendig ist, das Einlaufen der Maschine mit annähernd derjenigen Tourenzahl vorzunehmen, bei welcher der Wirkungsgrad bestimmt werden soll. Dies kommt daher, daß die Temperatur des Lagers lediglich von der Tourenzahl der Welle abhängt. Da nun die

Reibung sehr stark von der Temperatur abhängt, so ist der Einfluß der Tourenzahl, mit welcher das Einlaufen geschieht, natürlich sehr groß.

Ein weiterer sehr wichtiger Punkt, welcher bei der Aufnahme zu beachten ist, ist bedingt durch den Umstand, daß der Stromverbrauch der leerlaufenden Maschine nicht allein abhängt von dem in der Maschine liegenden Verlust, sondern auch davon, ob bezüglich des im rotierenden Teile aufgespeicherten Arbeitsvermögens Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Wenn beispielsweise bei einer Maschine die Tourenzahl zu niedrig ist und die Erregung behufs Einregulierung auf richtige Tourenzahl geändert wird, so steigt zunächst der Stromverbrauch bedeutend und nimmt allmählich ab, sobald dem Anker so viel Arbeitsvermögen zugeführt worden ist, wie der höheren Tourenzahl entspricht. Bei Maschinen, die große Schwungmassen besitzen oder mit dem Schwungrad direkt verbunden sind, kann die Erreichung des Gleichgewichtszustandes längere Zeit in Anspruch nehmen, und es muß darauf bei der Ablesung sorgfältig geachtet werden.

Die Bürstenstellung soll so sein, wie sie dem funkenfreien Leerlauf der Maschine entspricht. Während der Dauer dieser Messungen darf die Stellung der Bürsten nicht geändert werden. Da der Stromverbrauch bei leerlaufenden Maschinen erfahrungsgemäß ziemlich stark schwankt, so empfiehlt es sich, mehrere Ablesungen zu machen und, sofern dieselben von einander abweichen, den Mittelwert zu nehmen.

Bei der Bestimmung der normalen Feldstärke ist auf den Spannungsabfall im Anker und Übergang Rücksicht zu nehmen, so daß bei Generatoren die Untersuchung mit einer entsprechend höheren, bei Motoren mit einer entsprechend niedrigeren Spannung als der Bürstenspannung bei normaler Stromstärke durchgeführt werden muß.

Bei Compound-Maschinen braucht die Compound-Wickelung bei der Untersuchung nicht mit eingeschaltet zu werden, da die Erreichung der normalen Feldstärke ohne weiteres durch entsprechende Einregulierung der Nebenschlußwickelung möglich ist. Bei Hauptstrom-

maschinen ist es notwendig, eine fremde Stromquelle zur Erregung der Magnete zu benutzen.

Der Übergangswiderstand ist bekanntlich von der Stromstärke sowohl wie vom Bürstendruck, und unter Umständen auch von der Geschwindigkeit abhängig, so daß die Bestimmung desselben als mit großen Schwierigkeiten verbunden erscheinen könnte. Es wurde daher auch der Vorschlag gemacht, dieselben dadurch zu vermeiden, daß man eine rechnerische Bestimmung des Übergangswiderstandes unter Zugrundelegung bestimmter Kurven, etwa der von Prof. Arnold in der „ETZ" 1899, Seite 5, oder der vom Verfasser in der „ETZ" 1900, Seite 429, veröffentlichten, zuläßt. Dem steht das Ergebniß der Versuche des Verfassers entgegen, wonach die Abhängigkeit des Übergangswiderstandes von der Geschwindigkeit lediglich gegeben ist durch die mechanische Ausführung des Kollektors. Es hatte sich, wie in der „ETZ" 1900, Seite 432, angegeben, bekanntlich herausgestellt, daß der Übergangswiderstand von einer sehr geringen Kollektorgeschwindigkeit an bis zu der höchsten praktisch verwendeten Kollektorgeschwindigkeit vollständig konstant ist, vorausgesetzt, daß der Kollektor gut rund läuft, daß derselbe dagegen stark veränderlich ist, sobald der Kollektor schlägt. Da nun diese Abhängigkeit des Übergangswiderstandes von der Geschwindigkeit aber bedingt ist durch die Stärke des Schlagens sowohl, wie durch das Gewicht der Bürsten und Bürstenhalter, so ist es nicht möglich, dem in allgemein gültiger Weise Rechnung zu tragen und zwingt somit dieser Umstand, jedesmal die Messung des Übergangswiderstandes vorzunehmen.

Die Hauptschwierigkeit bei der Messung des Übergangswiderstandes, vorausgesetzt, daß dieselbe bei Bewegung gemacht wird, was aber unbedingt notwendig ist, ist bedingt durch die remanente Spannung der Maschine. Verfasser hat nun in der „ETZ" 1900, Seite 732, eine Methode angegeben, bei welcher die Messung des Übergangswiderstandes unter normaler Geschwindigkeit bei allen Gleichstrommaschinen mit mehr als 2 Bürstenstiften sehr bequem möglich ist, ohne daß Fehler durch die remanente Spannung zu befürchten sind. Man schaltet 2 Bürstenstifte gleicher Polarität anstatt parallel hinter einander

und schickt so Strom hindurch. Dann wird nur eine Ankerwindung, die außerdem in der neutralen Zone liegt, vom Meßstrom durchflossen, so daß Fehler fast vollständig ausgeschlossen sind. Will man sicher gehen, so kann man noch durch eine zweite Messung mit umgekehrter Stromrichtung einen zweiten Wert für den Übergangswiderstand finden, und es ist dann der Mittelwert der beiden Messungen vollständig fehlerfrei. Nimmt man diese Messung an einigen Bürstenstiften vor, so geht man sicher, einen Wert für den Übergangswiderstand zu erhalten, wie derselbe mit großer Genauigkeit den wirklichen Verhältnissen entspricht. Durch entsprechende Umrechnungen kann man leicht aus den so gemessenen Werten den Gesamtübergangswiderstand erhalten.

Eine andere vielfach verwandte Meßmethode besteht in dem isolierten Aufsetzen einer Bürste, was aber stets mit einer Veränderung der Auflage verbunden ist und somit leicht Ursache großer Fehler werden kann. Bei Kohlenbürsten ist dieser Umstand außerordentlich wesentlich, da eine geringe Verstellung den Wert des Übergangswiderstandes auf das Doppelte und mehr erhöhen kann.

Bei Maschinen mit nur 2 Bürstenstiften ist die Anwendung der vorhin erwähnten Methode natürlich ausgeschlossen. Läuft der Kollektor gut rund, so könnte die Messung bei geringer Kollektorgeschwindigkeit, wie solche durch Drehen von Hand erreicht werden kann, vorgenommen werden. Dabei wird die remanente Spannung nicht groß sein, und es kann dann der durch dieselbe entstehende Fehler dadurch ganz beseitigt werden, daß man den Meßstrom kommutiert. Man erhält dann wieder 2 Werte für den Übergangswiderstand, deren Mittelwert dem richtigen fast vollkommen entspricht. Läuft der Kollektor nicht gut rund, so muß entsprechend dem oben Gesagten die Bestimmung des Übergangswiderstandes bei der normalen Kollektorgeschwindigkeit vorgenommen werden. Den störenden Einfluß der Remanenz kann man dann noch dadurch beseitigen bzw. verringern, daß man den remanenten Magnetismus nach Möglichkeit schwächt. Der nicht ganz zu beseitigende Rest kann dadurch un-

schädlich gemacht werden, daß die Messung wieder mit 2 Stromrichtungen durchgeführt wird.

Bei Kohlenhaltern mit sehr großen Kohlenklötzen erreicht man ein gutes Aufschleifen der Kohlen erst nach längerer Betriebszeit. Da nun derartige Wirkungsgraduntersuchungen vielfach im Probierraum vorgenommen werden, so könnte, da hier eine längere Betriebsdauer nicht immer möglich ist, die Messung des Übergangswiderstandes leicht zu ungünstige Werte ergeben. Es ist daher als zulässig erachtet worden, die Bestimmung des Übergangswiderstandes unter Umständen getrennt von den übrigen Messungen vorzunehmen. Es könnten daher alle anderen Messungen bzw. Untersuchungen im Probierraum durchgeführt werden, während die Messung des Übergangswiderstandes in der Anlage nach einiger Betriebszeit vorgenommen wird.

Da der Übergangswiderstand in erheblichem Maße abhängig ist von der Stromstärke, mit welcher derselbe bestimmt wird, so ist darauf zu achten, daß die richtige Stromstärke bei der Messung angewandt wird. Wird der Wirkungsgrad für verschiedene Belastungen ermittelt, so ist auch der Übergangswiderstand mit den diesen Belastungen entsprechenden Stromstärken zu bestimmen.

Die Messungen der Widerstände des Ankers, der Magnetspulen usw., müssen natürlich in dem der normalen Leistung entsprechenden warmen Zustande der Maschine geschehen, so daß es am zweckmäßigsten ist, die Bestimmung derselben im Anschluß an die Dauerprobe vorzunehmen. Ist dies jedoch nicht durchführbar, so ist es auch zulässig, die Widerstände im kalten Zustande zu bestimmen und die Zunahme durch einwandsfreie Umrechnung zu bestimmen.

Bei asynchronen Motoren mit Schleifringen ist der Verlust im Sekundäranker bekanntlich abhängig von dem Widerstand der Verbindungsleitungen zwischen Schleifringen und Anlaßwiderstand. Es ist daher vorausgesetzt, daß hier eine den normalen Verhältnissen entsprechende Länge für diese Verbindungsleitungen vorliegt, falls nicht besondere Angaben vorher darüber gemacht waren. Wenn

in solchen Fällen der Widerstand in einer abnormal großen Entfernung aufgestellt ist, so würde das Resultat zu ungünstig herauskommen. In solchen Fällen ist es zulässig, den Anlaßwiderstand für die Wirkungsgrad-Untersuchung in der Nähe des Motors aufzustellen.

Bei Untersuchungen von Wechselstrom- und Drehstrom-Generatoren sowie synchronen Motoren ist die Leerlaufsmethode natürlich gleichfalls anwendbar, nur ist bei deren Durchführung darauf zu achten, daß die Erregung jedesmal so eingestellt wird, daß der Stromverbrauch ein Minimum wird, was einer Phasengleichheit zwischen Strom und Spannung entspricht.

Die Leerlaufsmethode ist auch bei Transformatoren anwendbar. Bei solchen mit großen Stromstärken, bei denen das Kupfer nicht stark unterteilt ist, muß jedoch berücksichtigt werden, daß bei Belastung Wirbelströme im Kupfer entstehen. Diese müssen auch ermittelt werden. Es kann dies dadurch geschehen, daß man die Jouleschen Verluste bei der richtigen Stromstärke mittels Wattmeter feststellt. In dem so gemessenen Werte sind dann die Verluste für Wirbelströme im Kupfer mit enthalten. Da Wattmeter für große Stromstärken ungenau sind, ist es zweckmäßig, das Wattmeter in die dünndrähtige Wickelung zu legen und die dickdrähtige kurzzuschließen.

Die Hilfsmotormethode (§ 42) ist eine Abänderung der Leerlaufsmethode für den Fall, daß die Leerlaufsmessung direkt nicht möglich ist. Dies würde z. B. der Fall sein, wenn keine gleichartige Stromquelle zur Verfügung steht.

Daß man bei derartigen Versuchen die Riemenübertragung nach Möglichkeit vermeiden muß, ist selbstverständlich, da die Feststellung des Verlustes durch Steifigkeit des Riemens so gut wie unmöglich ist. Berücksichtigt muß derselbe jedoch werden, so daß nichts anderes übrig bleibt, als denselben zu schätzen. Die Verluste, welche durch Schlüpfung entstehen, sind meßbar und müssen natürlich ermittelt werden. Man sollte, wenn irgend möglich, den Hilfsmotor direkt kuppeln und Riemenübertragung nur anwenden, wenn diese unvermeidbar ist und andere Methoden sich nicht besser eignen.

Die im Hilfsmotor bei unerregter und erregter Maschine veränderlichen Verluste müssen mit Ausnahme der zusätzlichen Verluste entsprechend berücksichtigt werden. Dadurch wird die Durchführung dieser Methode ziemlich kompliziert, so daß man dieselbe nach Möglichkeit vermeiden wird. Bequem ist sie jedoch in solchen Fällen, wo an sich 2 Maschinen auf der gleichen Achse sitzen, so z. B. bei Wechselstrommaschinen mit angebautem Erreger. Bezüglich der Ermittelung der anderen Verluste gilt alles dasjenige, was bei der Leerlaufsmethode gesagt ist.

Für Dampfdynamos, bei denen die Dynamo mit 2 Lagern versehen und abkuppelbar ist, ist die Bestimmung der Leerlaufsverluste mittels Indikator zugelassen worden, indem die Maschine mit erregter Maschine und nach Lösung der Kuppelung ohne die Maschine indiziert wird. Bezüglich des Indizierens sei auf das bei der Indikatormethode später zu erörternde verwiesen.

Bei Maschinen, die ohne Benutzung von fremden Lagern nicht in Betrieb genommen werden können, wird, wie oben schon erwähnt, von der Anrechnung des Reibungsverlustes bei der Wirkungsgradberechnung abgesehen.

Gegen die Indikatormethode (§ 43) sind vielfach Bedenken geäußert worden, und zwar selbst von seiten der Dampfmaschinentechniker. Andererseits liegen aber auch sehr gute Resultate, welche mit dieser Methode erreicht worden sind, vor, so daß keine Bedenken bestehen, diese Methode zuzulassen. Es ist eben notwendig beim Durchführen dieser Methode zum Indizieren durchaus sachverständige und geübte Hilfskräfte zu verwenden.

Arbeitet man mit entsprechend abgedrosseltem Dampf, so daß die richtige Füllung erzielt wird, so sind bei genügender Vorsicht mit dieser Methode gute Resultate zu erzielen. Jedenfalls ist diese Methode, die zwei Leerlaufsdiagramme miteinander in Beziehung setzt, immer noch viel besser, wie die allgemein übliche Methode zur Bestimmung des Wirkungsgrades der Dampfmaschine durch Indizierung bei Leerlauf und Vollbelastung, da hier ganz verschiedene Diagramme miteinander in Verbindung gebracht werden. Die Methode ist für direkt gekuppelte Dampfdynamos unstreitig die einfachste, die denkbar ist.

Bezüglich der anderen Verluste gilt wiederum das bei der Leerlaufsmethode Gesagte.

Bei der Trennungsmethode (§ 44) werden die Verluste durch Reibung, Hysteresis und Wirbelströme zusammen durch Leerlauf ermittelt und dann derjenige für Reibung wieder in Abzug gebracht. Es werden die Leerlaufsverluste bei normaler Tourenzahl und bei verschiedener Spannung gemessen, wobei man bezüglich der Spannung soweit wie nur irgend möglich nach unten gehen soll. Trägt man diese so erhaltenen Werte, welche natürlich entsprechend korrigiert sein müssen, graphisch auf, so kann man durch Verlängerung der Kurve den Verlust ermitteln, welcher auftreten würde, wenn man die Maschine mit Null Volt laufen lassen könnte. Da bei Null Volt aber der Verlust für Hysteresis und Wirbelströme natürlich gleichfalls Null sein muß, so ist der durch Verlängerung der Kurve erhaltene Wert der Verlust für Reibung.

Bezüglich der graphischen Auftragung sei hier auf ein Mittel zur Erhöhung der Genauigkeit hingewiesen. Dieselbe ist gegenüber den Veröffentlichungen in „ETZ" 1891 S. 515 und „ETZ" 1899 S. 203, in welchen der Leerlaufsverlust als Funktion der Spannung gezeichnet ist, von Dr. Breslauer dahin abgeändert worden, daß der Verlust als Funktion des Quadrates der Spannung aufgetragen wird. Dadurch rücken die Punkte niedrigerer Spannung näher zusammen und man hat die Kurve weniger weit zu verlängern, wodurch die Genauigkeit erhöht wird.

Bezüglich der anderen Verluste gilt wiederum das bei der Leerlaufsmethode Gesagte.

Die Trennungsmethode ist übrigens ebenso wie die Leerlaufsmethode nicht nur für Gleichstrom verwendbar, sondern auch für Wechsel- und Drehstrommaschinen. Bei Drehstrommotoren ist dieselbe unter Umständen mit kleinen Fehlern verbunden, doch sind die Versuche darüber noch nicht abgeschlossen. Jedenfalls ist der event. Fehler ohne Bedeutung, da er nur Prozente der Verluste beträgt und somit auf den Wirkungsgrad ohne nennenswerten Einfluß ist.

In vielen Fällen wird es bei der letztgenannten Methode zweckmäßiger sein, die Hysteresis und Wirbelströme mittels Hilfsmotor zu bestimmen. Das Wesentliche an der Methode

ist eben die Trennung des Reibungsverlustes von dem Verluste für Hysteresis und Wirbelströme, weil der Verlust für Reibung bei „unselbständigen" Maschinen nicht in Anrechnung kommen soll. Der Unterschied gegenüber der Hilfsmotormethode liegt in der Ausführung nur darin, daß bei dieser Motor und erregte Versuchsmaschine sowie Motor allein zu messen sind, während bei der Trennungsmethode mit Hilfsmotor Motor mit erregter Versuchsmaschine und Motor mit unerregter Versuchsmaschine gemessen werden.

Spannungsänderung.

Bisher war es üblich, als Charakteristik für das Verhalten der Wechselstrommaschinen im Betrieb den Spannungsabfall anzugeben. Die Bestimmung desselben bei stark induktiver Belastung ist unter Umständen sehr schwierig, da das Feld weggeblasen werden kann. Man hat daher vielfach nicht den Spannungsabfall bei Belastung bestimmt, sondern die Spannungserhöhung bei Entlastung und diesen Wert trotzdem als Spannungsabfall bezeichnet. Dieser Ausdruck ist dann natürlich unlogisch.

Es wurde daher in den Normalien eine andere Ausdrucksweise als die bisherige gewählt und dafür das Wort „Spannungsänderung" angenommen. Dieses Wort hat bisher keine spezielle Bedeutung und konnte daher, ohne eine Verwechselung zu befürchten, gewählt werden. Bei Gleichstrommaschinen für Akkumulatorenladung, welche mit verschiedener Spannung arbeiten, hat man nun allerdings auch eine Änderung der Spannung, doch wird dieselbe fast durchweg als Spannungsveränderung bezeichnet. Die Verschiedenheit jener Bezeichnungen entspricht auch vollkommen den tatsächlichen Vorgängen, indem die Spannung bei der erwähnten Gleichstrommaschine für Akkumulatorenladung von außen aus verändert wird, während die Spannung bei der verschieden belasteten Maschine sich von selbst ändert,

Entgegen dem bisherigen Gebrauch, den Spannungsabfall in Prozenten anzugeben, ist jetzt vorgeschrieben worden, die Spannungsänderung in Volt anzugeben. Es soll hiermit die Unklarheit beseitigt werden darüber, ob

die Angaben des prozentualen Wertes sich auf den Anfangs- oder Endwert beziehen.

Da in den verschiedenen Betrieben die Phasenverschiebung erheblich variirt, und da es außerordentlich umständlich sein würde, für den jedesmaligen vorkommenden Wert die Spannungsänderung zu ermitteln, wurde hier ein bestimmter Fall vorgesehen, für den dieselbe anzugeben und zu messen ist. Die Maschine soll mit einem Versuchsstrom, dessen Phasenverschiebung 0,8 beträgt, belastet werden. Die Abschaltung des Versuchsstromes darf, damit die Tourenzahl konstant erhalten werden kann, langsam vorgenommen werden.

Die Beschaffung eines derartig verschobenen Stromes (dessen Leistungsfaktor 0,8 beträgt) ist nicht schwierig. Meistens wird man denselben erhalten können dadurch, daß man die angeschlossenen Motoren leerlaufen läßt (Motoren werden aber wahrscheinlich da vorhanden sein, wo die Bestimmung des induktiven Spannungsabfalles wichtig ist). Eine andere, sehr bequeme Möglichkeit, den verschobenen Strom zu beschaffen, ist gegeben, sobald mindestens zwei Maschinen vorhanden sind. Man braucht dann nur diese beiden Maschinen parallel zu schalten und falsch zu erregen derartig, daß die Versuchsmaschine zu stark und die zweite Maschine zu schwach erregt wird. Damit hat man es in der Hand, jede beliebige Phasenverschiebung und Größe des Stromes zu erzielen. Eine andere Möglichkeit ist gegeben durch die Verwendung transportabler und leicht veränderlicher Drosselspulen, die man zweckmäßig in Öl setzt, damit sie kurzzeitig sehr große Strommengen aushalten können.

Es wurde von verschiedenen Seiten vorgeschlagen, das Verhältnis des Kurzschlußstromes bei normaler Erregung zum normalen Strom als Maß für das Verhalten der Maschine bei verschiedener Belastung anzunehmen. Dies ist jedoch nicht richtig, und es kann eine Maschine mit sehr günstigem Verhältnis von Kurzschlußstrom zu dem Normalstrom doch einen starken induktiven Spannungsabfall haben, wie auch umgekehrt eine Maschine mit ungünstigem Verhältnis von Kurzschluß- zum Normalstrom verhältnismäßig nicht so ungünstig in bezug auf Spannungsänderung sein kann.

Bei der für Gleichstrom vorgeschriebenen Prüfung kann es zweifelhaft sein, ob man die Bürsten bei verschiedener Belastung verstellen darf oder nicht. Dieser Umstand ist natürlich von außerordentlichem Einfluß auf die Größe der Spannungsänderung. Die konstante Einstellung der Bürstenbrücke ist selbstverständlich für alle Maschinen, von denen bei der Lieferung verlangt worden ist, daß sie ohne Bürstenverstellung arbeiten sollen. Es ist dies heute bei weitem die Mehrzahl. Es gibt aber auch eine Reihe von Anwendungsgebieten, bei denen die Bedingung, daß die Maschine ohne Verstellung der Bürsten arbeitet, keine erhebliche Bedeutung hat. Bei solchen Maschinen, die infolgedessen ohne Bürstenverstellung nicht funkenfrei arbeiten können, dürfen während der Versuche die Bürsten der Belastung entsprechend eingestellt werden.

Da bei Compoundmaschinen die Spannung bei einer mittleren Belastung eine höhere sein kann als bei Leerlauf und voller Belastung, so ist hier ausdrücklich angegeben, daß als Spannungsänderung die Differenz zwischen der größten und kleinsten vorkommenden zu nehmen ist.

Bei Transformatoren wurde gleichfalls ein Unterschied zwischen induktionsfreier und induktiver Spannungsänderung gemacht. Die letztere wurde charakterisiert durch die Spannung, welche in der Primärwickelung benötigt wird, um in der Sekundärwickelung den normalen Strom zu erzeugen. Da man bei Prüfungen, welche in der Anlage vorgenommen werden, es nicht immer in der Hand hat, gerade den richtigen Strom in der Sekundärwickelung entstehen zu lassen, so wurde ausdrücklich bemerkt, daß die Versuche auch mit nicht allzu weit abweichender Stromstärke zulässig sind, wobei man der Ansicht war, daß Abweichungen von $\pm 30\%$ die Grenze bilden sollen.

Anhang.

Es erschien wünschenswert, über Frequenz, Spannungen, Tourenzahlen usw. Normalien aufzustellen, wobei man sich jedoch darüber klar war, daß über diese Punkte keine Vorschriften gemacht werden können, da dies zu sehr in die Fabrikation der einzelnen Firmen, wie auch in die Wirtschaftlichkeit der Anlagen eingreifen würde. Um

nun aber doch einen Anhaltspunkt geben zu können und eventl. einen Übergang für spätere Vorschriften nach dieser Richtung hin zu schaffen, einigte man sich dahin, diese Normalien nicht als Vorschriften herauszugeben, sondern dieselben in einem Anhange nur zu empfehlen. Es sind infolgedessen die in dem Anhange enthaltenen Normen nicht bindend, sondern es wird von seiten des Verbandes Deutscher Elektrotechniker nur empfohlen, sich diesen Normen möglichst anzuschließen.

Im allgemeinen hat man in Deutschland in den letzten Jahren ziemlich einheitlich eine Frequenz von 50 (= 100 Wechsel pro Sek. nach der alten Bezeichnung) zur Ausführung gebracht, so daß hier eine Normalisierung verhältnismäßig am leichtesten durchzuführen ist. Es sind nur verhältnismäßig wenige Anlagen mit anderen Frequenzen, als der genannten, ausgeführt worden. Zu nennen sind von den noch angewendeten Zahlen für Frequenz 42, 40 und 25. Die letztere kommt in Frage für reine Kraftanlagen und hat hierbei entschieden bedeutende Vorteile gegenüber der Frequenz von 50. Man entschloß sich daher, die Frequenz 25 als normale mit aufzunehmen. Man ist mit diesen beiden Zahlen aber auch in der Lage, jede Anlage rationell auszuführen.

Bei Maschinen für direkte Kuppelung schwanken die von den einzelnen Firmen bevorzugten Tourenzahlen sehr erheblich, ohne daß die eine oder andere besondere Gründe für die Wahl dieser Zahlen hat bzw. gehabt hat. Etwas verringert haben sich die vielfachen Abweichungen in den letzten Jahren dadurch, daß das Drehstromsystem immer mehr zur Einführung gelangt. Bei diesem sind bekanntlich nur bestimmte Tourenzahlen möglich, wenn eine gewisse Frequenz eingehalten werden soll. Diese Zahlen wurden dann ohne weiteres auch auf Gleichstrom übertragen. Es ist also möglich, von den für Drehstrom günstigen Tourenzahlen auszugehen und damit Normalien für alle vorkommenden Fälle zu schaffen. Man wird nun bei Drehstrom auch nicht alle diejenigen Tourenzahlen, welche den möglichen Polzahlen entsprechen, nötig haben. Da man nun bei großen Maschinen nach Möglichkeit dahin strebt, die Maschinen teilbar zu machen, so daß das Oberteil jederzeit abgenommen werden kann, so ergibt sich, daß

diejenigen Polzahlen, welche durch 4 teilbar sind, zweckmäßiger sind. Da nun aber bei großen Polzahlen die Abstufungen in der Tourenzahl immer noch zu gering werden, wenn man nur die durch 4 teilbaren Zahlen anwendet, so wurde nur die Hälfte der möglichen Fälle aufgenommen, so daß dann die Polzahlen nur von 8 zu 8 abgestuft wurden. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die in dem Anhang enthaltene Tabelle über normale Tourenzahlen zusammengestellt worden.

Bezüglich der bisher in Verwendung befindlichen Spannungen ergeben sich vielfach Abweichungen, und zwar sind bei Gleichstrom an der Verbrauchsstelle Spannungen von 105 bis 115 V und von 210 bis 230 V üblich. Dementsprechend schwanken die Spannungen an der Stromerzeugerstelle zwischen 110 und 120 bzw. 220 und 240 V. Eine Normalisierung ist hier gleichfalls in einfacher Weise möglich. In früheren Jahren ist mehrfach eine Spannung von 150 bzw. 300 V noch verwendet worden, welche jedoch heute nur wenig Berechtigung besitzt. Man hatte die Spannung von 150 V deswegen gewählt, weil man mit 110 V nicht mehr auskam und die Glühlampen für 220 V damals nicht auf der Höhe waren, wie dies heute der Fall ist. Es besteht jedoch jetzt kein nennenswertes Bedürfnis mehr für Anlagen, welche mit 150 V bzw. 300 V arbeiten.

Für den Spannungsunterschied zwischen der Verbrauchs- und der Erzeugerstelle sind die mittleren üblichen Spannungsabfälle eingesetzt worden. Bei den verschiedenen Anlagen wird sich natürlich der Spannungsabfall stets verschieden ergeben, doch hat dies wenig zu sagen, da die Generatoren stets in der Lage sind, auch eine etwas höhere Spannung zu geben, mit Rücksicht darauf, dass eine 15-prozentige Überlastung unter Einhaltung der konstanten Spannung laut § 23 der Normalien vorgeschrieben ist. Auch werden die Generatoren stets mit einer etwas kleineren Spannung arbeiten können, da sie ja nach § 22 auch bei einer 40-prozentigen Überlastung noch gut arbeiten müssen.

Bei Wechsel- bzw. Drehstrom geschah die Festsetzung der normalen Spannungen vom gleichen Gesichtspunkte aus. Von einer Normalisierung der Spannungen über 5000 V

wurde Abstand genommen, da es sich dann stets um Anlagen handelt, welche für besondere Zwecke gebaut werden.

Bei Gleichstromgeneratoren ist die Veränderung der Feldstärke mit gewissen Nachteilen verknüpft. Bei Schwächung des Feldes kann die Maschine nicht mehr ihre volle Stromstärke in gleich guter Weise kommutieren, wie bei normalem Felde. Wird eine Verstärkung des Feldes verlangt, so muß das Magnetsystem anders dimensioniert werden, und die Maschinen arbeiten dann bei nornalem Felde verhältnismäßig ungünstiger als Maschinen, deren Feld nicht verändert wird. Es ist somit stets zu überlegen, ob es zweckmäßig ist, Maschinen mit veränderlichem Felde zu verwenden oder ob die Anwendung einer Zusatzmaschine wirtschaftlich vorteilhafter ist, da man im normalen Betriebe erheblich günstiger arbeitet, abgesehen von anderen, durch den Betrieb bedingten Gründen, welche eine Entscheidung zugunsten einer Zusatzmaschine herbeiführen können.

In den letzten Jahren sind nun vielfach Gleichstromanlagen gebaut worden, deren Generatoren gleichzeitig zur Speisung des Lichtnetzes (2 × 210 V) und des Straßenbahnnetzes (500 V) verwendet werden. Bei solchen Anlagen wurde nun vielfach verlangt, daß auch die Generatoren so eingerichtet sein sollen, daß das Aufladen der Pufferbatterie mit denselben Generatoren ausgeführt werden kann. Dadurch ergab sich, daß die Generatoren in ihren Spannungen von 420 bis 720 V veränderlich sein sollen. Um solche Maschinen unter einigermaßen günstigen Verhältnissen bauen zu können, wird es notwendig, dieselben erheblich größer zu dimensionieren wie die, welche für keine oder nur geringe Spannungsveränderung gebaut werden. Beispielsweise würde eine Maschine, welche von 420 auf 550 V veränderlich ist, bedeutend kleiner und billiger sein, als die Maschine, welche gleichzeitig zum Aufladen einer Pufferbatterie eingerichtet ist. Die Differenz im Anschaffungspreise, wie auch das günstigere Arbeiten der Maschine wird in den meisten Fällen die Anschaffung einer Zusatzmaschine zum Aufladen einer Pufferbatterie rechtfertigen, abgesehen davon, daß eine Zusatzmaschine mit vorhandenen Teilmaschinen in irgend einer Weise kombiniert werden kann.

Diese Tatsache hat nun die Kommission bewogen, in dem Anhange noch besondere Ratschläge in dieser Richtung zu geben. Des weiteren wurde noch ausdrücklich betont, daß für den Fall, in welchem Maschinen mit veränderlicher Spannung betrieben werden sollen, dies auch bei der Bestellung ausdrücklich erwähnt werden muß, d. h. also auch umgekehrt, daß man von einer Gleichstrommaschine, welche ohne besondere Angaben bestellt worden ist, ein den Normalien entsprechendes Arbeiten bei einer erheblichen Veränderung der Feldstärke nicht verlangen kann.

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Veröffentlichungen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker
Eingetragener Verein.

Sicherheitsvorschriften

für die

Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

Gültig vom 1. Januar 1904 ab.

Niederspannung. — Hochspannung.

In einem Bande.

Festgesetzt nach den Beschlüssen der Sicherheits-Kommission
zu Jena vom 12.—15. Januar 1903.

Taschenformat:

Kartoniert Preis 80 Pfg.
10 Exemplare M. 7,50; 25 Exemplare M. 17,—; 100 Exemplare M. 60,—.

Daraus einzeln:

Sicherheitsvorschriften

für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen.

Niederspannung.

Taschenformat:

Kartoniert Preis 60 Pfg.
10 Exemplare M 5,50; 25 Exemplare M. 12,50; 100 Exemplare M. 45,—.

Reichsformat:

(Zum Beiheften zu Verträgen etc. geeignet)

100 Exemplare M. 25,—; 250 Exemplare M. 60,—; 500 Exemplare M. 110,—;
1000 Exemplare M. 200,—.

Weniger als 100 Exemplare werden nicht abgegeben.

Hochspannung.

Reichsformat:

100 Exemplare M. 25,—; 250 Exemplare M. 60,—; 500 Exemplare M. 110,—;
1000 Exemplare M. 200,—.

Weniger als 100 Exemplare werden nicht abgegeben.

Ausgabe in Taschenformat ist nicht erschienen.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.



Springer in Berlin N.

...lie Elektrotechnik.

...iel und **K. Strecker.**

Unter Mitwirkung von

Borchers, Eulenberg, Fink, Pirani, Seyffert, Stockmeier und H. Strecker

bearbeitet und herausgegeben von

Dr. K. Strecker,

Kaiserl. Ober-Telegrapheningenieur,

Professor und Dozent a. d. Technischen Hochschule zu Berlin.

Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 890 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Handbuch der elektrischen Beleuchtung.

Bearbeitet von

Jos. Herzog und **Cl. Feldmann.**

Zweite, vermehrte Auflage.

Mit 517 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 16,—.

Verteilung des Lichtes und der Lampen

bei elektrischen Beleuchtungsanlagen.

Ein Leitfaden für Ingenieure und Architekten.

Von **Jos. Herzog** und **Cl. Feldmann.**

Mit 35 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 3,—.

Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze

in Theorie und Praxis.

Bearbeitet von

Jos. Herzog und **Cl. Feldmann.**

Zweite, vollständig umgearbeitete und sehr vermehrte Auflage in zwei Teilen.

Erster Teil: Strom- und Spannungsverteilung in Netzen.

Mit 269 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 12,—.

Der zweite Teil: Die Dimensionierung der Netze befindet sich in Vorbereitung.

Anlasser und Regler für elektrische Motoren und Generatoren.

Theorie, Konstruktion, Schaltung.

Von **Rudolf Krause,**

Ingenieur.

Mit 97 in den Text gedruckten Figuren.

In Leinwand geb. Preis M. 4,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.